



# *ener*gate

PRZEMYSŁOWY MAGAZYN ENERGII

ZABEZPIECZ FIRME • BANKUJ ENERGIĘ



**ZESKANUJ I OBLICZ**  
**ILE OSZCZĘDZISZ**  
**NA RACHUNKACH ZA PRĄD!**

Dowiedz się więcej [energate.pl](http://energate.pl)  
lub zadzwoń 510 00 44 77



**Adres redakcji:**

47-400 Racibórz  
ul. Środkowa 5  
tel. 32 755 19 17  
e-mail: redakcja.nis@drukart.pl; www.nis.com.pl

**Redaktor naczelna:** Katarzyna Zajac  
tel. 32 755 19 17 • e-mail: redakcja.nis@drukart.pl

**Redaguje Zespół:** Katarzyna Zajac, Ludmiła Urbińska,  
Ryszard Klencz

**Redaktor statystyczny:** Ludmiła Urbińska  
tel. 32 755 23 23 • e-mail: nis@drukart.pl

**Redakcja techniczna:** Grzegorz Drobny

**Marketing:**

- Aleksandra Misiewicz  
tel. 32 755 18 23 • e-mail: marketing@drukart.pl
- Patrycja Hoszycka  
tel. 32 755 24 55 • e-mail: marketing7@drukart.pl

**Dział prenumerat:** Norbert Klencz  
tel. 502 132 515 • e-mail: prenumerata@drukart.pl

**Podstawowa korekta tekstu:** Redakcja

**Rada Programowa:**

- prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek – przewodniczący
- prof. nadzw. dr hab. inż. Andrzej Balawender
- prof. Marek Bergander
- prof. zw. dr hab. inż. Witold Byrski
- dr inż. Rafał Hein
- prof. inż. Jaroslav Homišin
- dr inż. Ryszard Jasiński
- prof. zw. dr hab. inż. Marek Jaszczuk
- prof. zw. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz
- dr hab. inż. Grzegorz Karoń
- prof. Mykola Karpenko
- prof. zw. dr hab. inż. Marian Piotr Kaźmierkowski
- dr hab. inż. Roman Krok
- prof. zw. dr hab. inż. Igor Piotr Kurytnik
- dr inż. Jacek Paraszczak
- prof. zw. dr hab. inż. Zbigniew Pawelski
- dr hab. inż. Krzysztof Pietrusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pirog
- prof. Jacek S. Stecki
- dr hab. inż. Michał Stosiak
- dr inż. Zbigniew Szulc
- prof. zw. dr hab. inż. Ryszard Tadeusiewicz
- prof. zw. dr hab. inż. Edward Tomasiak
- dr inż. Grzegorz Wiciak

**Redaktor tematyczny:** prof. zw. dr hab. inż. Wacław Kolek

**Wydawca:** Wydawnictwo Druk-Art SC  
47-400 Racibórz, ul. Środkowa 5

**Patronat honorowy:**

Instytut Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Wrocławskiej



Katedra Automatyki  
i Inżynierii Biomedycznej  
Akademii Górniczo-Hutniczej



Instytut Pojazdów, Konstrukcji  
i Eksploatacji Maszyn  
Politechniki Łódzkiej

Punktacja MNiSW za publikację naukowe wynosi 5 pkt (poz. 1652). Przyłączając się do realizacji idei Otwartej Nauki, udostępniamy bezpłatnie powierzchnię na artykuły naukowe publikowane w miesięczniku naukowo-technicznym „Napędy i Sterowanie”.

Redakcja nie odpowiada za treść ogłoszeń i nie zwraca materiałów niezamówionych. Zastrzegamy sobie prawo skracania i adiacji tekstów. Przedrukowywanie materiałów lub ich części tylko za zgodą pisemną redakcji. Redakcja deklaruje, że pierwotną wersją wydawanego miesięcznika „Napędy i Sterowanie” jest wersja drukowana (papierowa). „Wydarzenia” wybrano z materiałów prasowych firm.

## Szanowni Państwo!

Rozwój to wynik nieustannych zmian następujących w drodze stopniowej ewolucji czy też gwałtownych przekształceń. Zmęczeniu burzliwością życia politycznego oczekujemy na sukcesywne przemiany gospodarcze. Z uwagą wsłuchujemy się w prognozy ekonomistów. W najmniejszym przejawie rozwoju próbujemy doszukać się postępu, który zająłby miejsce modnego choć wywołującego uzasadniony lęk słowa „spowolnienie”.

Rozpoczynając nowy rok styczniowym wydaniem, mamy nadzieję, że współpraca z nami przyniesie Państwu satysfakcję i wymierne efekty ekonomiczne wynikające z dobrej promocji produktów i nowoczesnych technologii. Czytelnicy zaś skorzystają z proponowanych rozwiązań technicznych i aplikacji, nabywając wiedzę, która stanowi nieocenione dobro w ciągle rozwijającej się gospodarce naszego kraju.

Nie ma dziś pisma, które w swych podsumowaniach – jak to zwykle na początku nowego roku bywa – nie opisywałoby trudnego okresu ostatnich miesięcy. Według Business Insider kluczowa gałąź europejskiej gospodarki radzi sobie coraz słabiej. Wiele gospodarek boryka się już ze spadkiem produkcji, która jedzie na zaciągniętym hamulcu ręcznym. Wyjątkiem jest Irlandia, w której rok temu przemysł radził sobie dużo gorzej. W największych krajach widać jednak spadki produkcji miesiąc do miesiąca i w skali roku. Polska na tle innych krajów UE wyróżnia się pozytywnie, ale i nasze statystyki się pogarszają. Widać spowolnienie. Miesiąc wcześniej nasz przemysł mógł się pochwalić 10-proc. zwwyżką. Miesiąc do miesiąca skurczył się o 0,5 proc.

Według bankier.pl scenariusze na 2023 rok są właściwie dwa: albo recesja, ale wtedy płytka i stosunkowo krótka, np. 1-2 kwartały, albo brak recesji i bardzo wolny wzrost gospodarczy. Rząd zakłada, że będzie to wolny wzrost gospodarczy – o 1,7 proc. W tym roku zdecydowana większość instytucji finansowych czy organizacji międzynarodowych prognozujących stan gospodarek spodziewa się w Polsce w skali całego roku niewielkiego, ale jednak wzrostu gospodarczego. Tylko agencja Moody's zakłada spadek PKB w całym 2023 roku, ale też niewielki, o 0,2 proc. Jednak nawet najbardziej optymistyczne prognozy nie przewidują wzrostu wyższego niż o 1,7 proc. Jeśli pominąć pandemiczny 2020 rok, byłoby to i tak najwolniejsze tempo od 2013 roku.

Nadzieja na lepsze jutro, jakiego wszyscy z niecierpliwością oczekujemy, w tak newralgicznej sferze, jaką jest przemysł, rodzi się powoli. Jednak już teraz zapraszam do optymistycznej, bo ukazującej przecież jednak rozwój Państwa firm, lektury naszego pisma.

Katarzyna Zajac  
Redaktor naczelna



## CO W NUMERZE



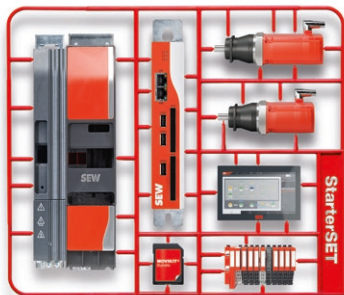
### Str. 8

Bezpieczeństwo w przemyśle w aspekcie zasilania – porady i sugestie EVER



### Str. 14

Przemysłowy magazyn energii od ELMECH katalizatorem korzyści dla przemysłu



### Str. 18

Automatyzacja maszyn – SEW-EURODRIVE StarterSET – szybsza droga do gotowej maszyny

5 Nowości techniczne

70 Zestawienie firm

73 Biblioteka

## Nauka

34 LEMoK – silnik o dużej gęstości mocy – T. Wolnik

38 Problemy określania kosztów i efektów w działalności gospodarczej – J. Górzyński

47 Spektroskopia impedancji i zastosowania przemysłowe – Z.H. Żurek

58 Podstawowe pobudki SI – S.M. Omohundro

65 Śmierć prof. Henryka Góreckiego, pioniera automatyki – R. Tadeusiewicz

## Technologie i produkty

6 Nowe innowacyjne ogrzewacze od STEGO – P. Żurek – STEGO Polska Sp. z o.o.

8 Bezpieczeństwo w przemyśle w aspekcie zasilania – porady i sugestie EVER – EVER Sp. z o.o.

11 Energooszczędny falownik serii SXA1000 w obudowie IP65 o mocy do 2,2 kW do montażu na silniku – J. Sobczak – Sanyu Sobczak sp. j.

14 Przemysłowy magazyn energii od ELMECH katalizatorem korzyści dla przemysłu – P. Jeż – Elmech-ASE Sp. z o.o.

18 Automatyzacja maszyn – SEW-EURODRIVE StarterSET – szybsza droga do gotowej maszyny – SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

22 MAXXDRIVE – napęd idealny do ciężkich zastosowań – NORD Napędy Sp. z o.o.

24 Dwa innowatorskie rozwiązania, aby poprawić niezawodność i wytrzymałość – Nippon Thompson Europe B.V.

## Informacje branżowe

17 Kopalnia wiedzy i kompleksowa oferta dla przemysłu

26 Pneumatyka i pomiary aż przez 4 dni!

28 Europejskie spotkanie przemysłu metalowego, poddostawczego i narzędziowego

30 XXXII SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ 2023 – R. Klencz

32 Nowe dotacje unijne dla firm w 2023 – MS-Consulting

## Indeks reklam

▷ ABUS Crane Systems.....	71	▷ EVER.....	75	▷ Robotyka.pl.....	57
▷ Automaticon.....	63	▷ ITM INDUSTRY EUROPE.....	17	▷ Sanyu Sobczak.....	11
▷ Cantoni Group.....	39	▷ MS-Consulting.....	32	▷ SENOMA.....	76
▷ CONTROL-STOM/KIELCE		▷ Nippon Thompson Europe B.V.....	25	▷ SEW Eurodrive.....	1
FLUID POWER.....	27	▷ NO-EL.....	5	▷ STEGO Polska.....	7
▷ Elektrotechnika.....	49	▷ NORD.....	23	▷ Steinlen Polska.....	37
▷ Elmech-ASE.....	2, 5	▷ NOWIMEX.....	35	▷ Targi Lipskie.....	29
▷ ENEX – Targi Kielce.....	13	▷ NPL.....	5, 41	▷ Zrobotyzowany.pl.....	33



## NOWOŚCI TECHNICZNE

**GIGAVAC – dwukierunkowy stycznik DC – GVB35 – 500A / 1000 V DC**

Bipolarny stycznik serii GVB35 firmy GIGAVAC / SENSATA należy do najbardziej ekonomicznych i wydajnych styczników mocy dostępnych obecnie na rynku. Charakteryzują się małą gabarytową hermetyczną komorą stykową o stopniu szczelności IP67 & IP69K, co zapobiega powstawaniu zjawiska wydmuchu łuku elektrycznego na zewnątrz i zabrudzeniu styków. Styczniki GVB35 mogą pracować w temperaturze pracy w zakresie  $-55$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ . Przy znamionowym napięciu pracy do  $1000\text{ V DC}$  stycznik ten jest przystosowany do przełączania obciążeń na poziomie do  $500\text{ A}$  w obu kierunkach przewodzenia. Podobnie jak wszystkie zaawansowane rozwiązania przełączające GIGAVAC, styczniki te można montować w dowolnej osi lub orientacji. Ich hermetyczność pozwala na zastosowanie praktycznie w każdym trudnym środowisku. Styczniki te spełniają wymagania RoHS / Reach, jak również posiadają certyfikację CE, UL 60947-4-1, CCC.

Styczniki serii GVB35 GIGAVAC / SENSATA znalazły szerokie zastosowania m.in. w aplikacjach bateryjnych dla pojazdów elektrycznych, szybkich ładowarek DC, magazynowania energii czy też sterowania fotowoltaiką.

Pełna specyfikacja: <https://www.sensata.com/sites/default/files/a/sensata-gigavac-gvb35-sereies-800v-contactors-datasheet.pdf>

**NO-EL Sp. J. Ryszard Nowak, Barbara Musiałek – wyłączny przedstawiciel amerykańskiej firmy GIGAVAC**  
[www.gigavac.pl](http://www.gigavac.pl)



- obniżenie opłat za moc zamówioną poprzez zmniejszenie mocy pobranej z sieci;
- zasilanie urządzeń w czasie awarii sieci energetycznej;
- funkcja zbiorczego UPS;
- automatyczne lub ręczne sterowanie kierunkami przepływu energii w systemie oraz czasu ładowania i rozładowywania magazynu;
- „strażnik mocy”, czyli eliminacja przekroczeń mocy zamówionej;
- kompensacja mocy biernej;
- filtracja wyższych harmonicznych do  $50.$ ;
- symetryzacja faz;
- bilansowanie sieci.

Magazyn energii Energate przez funkcje poprawy jakości energii elektrycznej, czyli kompensacji mocy biernej i filtracji wyższych harmonicznych, ogranicza straty energii w sieci elektrycznej, minimalizuje ryzyko wahań i zapadów napięcia, co ma duże znaczenie w przypadku utrzymania pracy linii produkcyjnych i obiektów przemysłowych.

**Elmech-ASE Sp. z o.o.**  
[www.energate.pl](http://www.energate.pl)

**Firma NPI Sp. z o.o. prezentuje nową serię siłowników elektrycznych z zatwierdzeniem ATEX marki PS Automation model PSF-EX oraz PSF-M-EX**

Napęd liniowy PSF-EX/PSF-M-EX z zatwierdzeniem ATEX i mechanicznym zabezpieczeniem przed awarią zasilania lub ręcznym sterowaniem jest wyposażony w funkcję bezstykowego, nieścieralnego pomiaru położenia przy użyciu czujnika Halla do precyzyjnej regulacji. Zintegrowana sprężyna zasilająca zapewnia zabezpieczenie przed awarią w przypadku zaniku zasilania, opcjonalnie z wsunięciem lub wysunięciem trzpienia.



Główne zalety nowych siłowników to:

- zatwierdzenie ATEX;
- ręczna obsługa, także w strefach zagrożonych wybuchem;
- zintegrowana sprężyna zasilająca;
- zintegrowany pozycjoner z sygnałem zwrotnym;
- funkcja automatycznego uruchomienia;
- II 2G Ex h db eII T6, T4 Gb;
- II 2D Ex h tb IIIC T80°C, T100°C Db.

**Energate – przemysłowy magazyn energii**

Energate to magazyn energii stworzony z myślą o przedsiębiorstwach produkcyjnych, dla których stabilne zasilanie, wysoka jakość energii i jej niskie ceny są konieczne do prowadzenia procesu produkcyjnego i utrzymania konkurencyjnej pozycji na rynku.



Funkcjonalność:

- przechowanie nadwyżek energii z instalacji PV, do zużycia w czasie taryfy o najwyższej cenie zakupu;
- optymalizacja kosztowa zużycia energii: pobór energii w najtańszej taryfie i oddanie w czasie najdroższej taryfy;

**NPI Sp. z o.o.**  
[www.npi.com.pl](http://www.npi.com.pl)

# Nowe innowacyjne ogrzewacze od STEGO



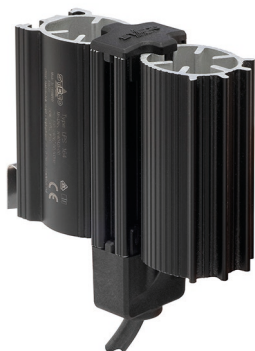
Piotr Żurek

Podczas niedawno zakończonych Targów SPS w Norymberdze STEGO, jako ekspert w zakresie zarządzania klimatem w aplikacjach elektrycznych, zaprezentowało nowe urządzenia – ogrzewacze do szaf sterowniczych z innowacyjnym profilem ósemkowym (LOOP). STEGO oferuje 5 modeli ogrzewaczy o mocy od 10 do 150 W. Dzięki temu, że urządzenia posiadają dopuszczenia do stosowania w aplikacjach, które narażone są na wibracje i wstrząsy, ich wachlarz zastosowań jest szeroki. Dzięki terminalom samozaciskowym czas instalacji ogrzewaczy jest skrócony.

## Ogrzewacze z serii LOOP zapobiegają skraplaniu się wody wewnątrz szafy sterowniczej

Ogrzewacze do szaf sterowniczych są najczęściej wybieranym rozwiązaniem do zapobiegania kondensacji w szafach sterowniczych. Dzięki ogrzewaniu powietrza wewnątrz szafy zapobiegamy wahaniom temperatury i utrzymujemy stałą wilgotność względną, chroniąc elementy elektryczne i elektroniczne przed skraplającą się parą wodną.

STEGO, jako pionier w dziedzinie ogrzewaczy do szaf sterowniczych, prezentuje nową serię produktów – **ogrzewacze LOOP**. Na rynek wchodzi aż pięć produktów z tym nowym korpusem: ogrzewacze LPS 164 i LTS 064 oparte są na profilu ósemkowym, zapewniają moc grzewczą od 10 do 50 W, podczas gdy większy profil ósemkowy dostępny jest w produktach LT 065, LTF 065 i LP 165, dając im moc grzewczą od 50 do 150 W.



LPS 164: ogrzewacz do szafy sterowniczej LOOP 10 do 50 W



LP 165: ogrzewacz do szafy sterowniczej LOOP 60 do 150 W

## LOOP: nowy model i design ogrzewaczy

Najbardziej wyróżniającą się cechą nowych ogrzewaczy jest innowacyjny aluminiowy profil, który stanowi część korpusu grzejnego. Jego kształt przypomina cyfrę 8. Kształt ten jest niezwykle efektywny w rozprowadzaniu ciepła z elementów grzewczych PTC, co daje użytkownikom lepsze oraz bardziej równomierne rozprzestrzenianie się ciepła wewnątrz szafy sterowniczej.

## LOOP jest odporny na wstrząsy i wibracje

Ogrzewacze z serii LOOP są odporne na wstrząsy i wibracje oraz posiadają potwierdzające to atesty. Innowacyjny profil ósemkowy pozwolił na nowy sposób wykonania urządzenia: zamiast dociskania, obudowa i element grzewczy są mocno połączone za pomocą siły sprężystości, która wytwarzana jest przez profil typu LOOP. Elastyczność aluminiowego korpusu jest wykorzystywana do utrzymania przez cały czas dużej siły docisku do elementów grzejnych, nawet w przypadku wahań temperatury podczas pracy. Zapewnia to stałą moc grzewczą przez cały okres użytkowania ogrzewacza.

Wszystkie ogrzewacze LOOP wykonane w drugiej klasie izolacji, tj. seria LTS 064, LT 065 i LTF 065, zostały pomyślnie przetestowane pod kątem odporności na wstrząsy i wibracje zgodnie z normami DIN EN 60068-2-27:2010-02 i DIN EN 60068-2-64:2009-04 w odniesieniu do normy DIN EN IEC 61373:2011-04, kat. 1 B. To sprawia, że są one dostosowane do pracy w aplikacjach narażonych na silne wibracje, takich jak zastosowania kolejowe, mobilne lub energetyka wiatrowa.





**LTS 064:**  
Ogrzewacz do szafy sterowniczej LOOP 20 do 40 W, Touch-safe



**LT 065:**  
Ogrzewacz do szafy sterowniczej LOOP 50 do 150 W, Touch-safe



**LTF 065:**  
Ogrzewacz do szafy sterowniczej LOOP 50 do 150 W, Touch-safe

### Bezpieczne i łatwe w użyciu

Wszystkie ogrzewacze z profilem LOOP są wyposażone w klamry, dzięki czemu można je szybko przymocować do szyny DIN 35 mm. Złącza samozaciskowe skracają czas instalacji nawet o 50%. Ogrzewacz z serii LOOP LTF 065 jest dostępny ze zintegrowanym termostatem, co zabezpiecza przed manipulacją i zapewnia oszczędność czasu montażu, ponieważ nie ma potrzeby posiadania oddzielnego termostatu do jego sterowania. Urządzenia LTS 064, LT 065 i LTF 065 są zabezpieczone przed dotykiem bezpośrednim. Ich jasnoszare obudowy wykonane z tworzywa sztucznego utrzymują temperaturę

powierzchni poniżej 80°C, dzięki czemu zapobiegamy poparzeniom w wyniku przypadkowego kontaktu. Produkty STEGO są niezależnie zatwierdzone i certyfikowane pod względem bezpieczeństwa przez uznane na całym świecie instytuty badawcze, takie jak VDE, UL i EAC. ■

 Piotr Żurek – STEGO Polska Sp. z o.o.

STEGO Polska Sp. z o.o.

reklama

# INNOWACJE



## DLA PERFEKCYJNEGO ZARZĄDZANIA KLIMATEM W APLIKACJACH ELEKTRYCZNYCH

Produkty STEGO są używane wszędzie tam, gdzie wrażliwa elektronika musi być chroniona przed wilgocią, zbyt niską lub wysoką temperaturą oraz innymi czynnikami środowiskowymi. Ogrzewacze, regulatory, wentylatory oraz akcesoria STEGO pomagają zoptymalizować warunki pracy oraz uzyskać maksymalną ochronę dla Państwa aplikacji i tym samym zapewnić Państwu długofalowy sukces. STEGO wierzy w zrównoważony rozwój, działa w zgodzie z wymogami ochrony środowiska oraz kieruje swe działania na osiągnięcie wysokiej jakości produktów. Firma posiada certyfikaty DIN EN ISO 9001:2015; 14001:2015 a także, w celu lepszego zarządzania jakością stosuje metodę zarządzania six sigma.

Więcej informacji uzyskacie  
Państwo na naszej stronie:  
[www.stego.pl](http://www.stego.pl)



# Bezpieczeństwo w przemyśle w aspekcie zasilania – porady i sugestie EVER

Aspekt bezpieczeństwa w przemyśle jest bardzo szerokim zagadnieniem i jest ściśle powiązany z każdym etapem realizacji inwestycji od projektu do budowy obiektu po jego docelowe funkcjonowanie. Podejmując temat z perspektywy zasilania, czyli dziedziny, którą zajmujemy się od ponad 30 lat, możemy wskazać dwa istotne obszary, w których widzimy swój kluczowy udział. Pierwszym z nich jest obszar produkcji certyfikowanych zasilaczy UZS stosowanych w instalacjach bezpieczeństwa, drugi to wytwarzanie zasilaczy UPS, które zapewniają zasilanie kluczowych procesów i urządzeń w firmach produkcyjnych.



**W** momencie projektowania obiektu przemysłowego bardzo istotnym elementem jest prawidłowo zaprojektowany system przeciwpożarowy. W jego skład wchodzi m.in. klapy oddymiające. Niejednokrotnie ich rolę pełnią także bramy załadunkowe. W momencie wykrycia zadymienia/pożaru mają one

za zadanie jak najszybsze otwarcie celem oddymienia pomieszczenia. W chwili zaistnienia takiej sytuacji (zagrożenia pożarowego/zadymienia) pierwszą reakcją jest wciśnięcie wyłącznika głównego zasilania budynku – EPO – potocznie zw. „grzybkiem ppoż.”. Po odcięciu zasilania na obiekcie niezbędne staje się

zapewnienie zasilania rezerwowego dla systemu oddymiania. Do realizacji tego kluczowego zadania wykorzystuje się zasilacze UZS. Ze względu na specyfikę (zastosowanie w systemie ppoż.) ustawodawca przewidział, że rozwiązania te muszą przejść proces certyfikacji – co oznacza wykonanie wg określonej normy



i zweryfikowanie przez odpowiednie laboratorium, w tym wypadku CNBOP.

Wieloletnie doświadczenia w obszarze zasilania umożliwiły nam (EVER) stworzenie zasilacza UZS-230V-1kW-1F. Urządzenie to gwarantuje pewne zasilanie napędów bram w systemach kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. W przypadku braku zasilania pozostaje on w trybie czuwania (do 72 h – wymagany czas utrzymania systemu w stanie pracy wg normy PN-EN 12101-10), po tym czasie zasilacz zapewnia podtrzymanie z baterii wewnętrznych przez 3 minuty, co w zupełności wystarczy na zrealizowanie zadania.

Zwrócić należy uwagę na kilka aspektów, które mają miejsce w praktycznym zastosowaniu urządzenia i wiążą się bezpośrednio z bezpieczeństwem. Wyprodukowanie zasilacza zgodnie z normą i certyfikacja uniemożliwia jakkolwiek ingerencję użytkownika w produkt. Zachowanie takie może przyczynić się do ograniczenia bezpieczeństwa całego obiektu. Nieuprawnione modyfikacje/poprawki w urządzeniu mogą je bezpośrednio uszkodzić, co bezpośrednio wpływa na utratę certyfikatu i może spowodować liczne konsekwencje w sytuacji niezadziałania systemu w razie pożaru.

Przypadek, który wpływa bezpośrednio na bezpieczeństwo, to próba podłączenia do zasilacza kilku napędów bram. Podłączenie takie ma na celu wprowadzenie oszczędności finansowych – jak się okazuje, tylko pozornych. Zasilacz UZS posiada moc maksymalną 1 kW. Napędy stosowane na obiektach generują pobór mocy w granicach 200–300 W. Z prostej kalkulacji wynika, że zasilacz powinien poradzić sobie z 2–3 napędami. Teoretycznie urządzenie posiada wystarczający zapas mocy, aby poradzić sobie z takim obciążeniem. W praktyce jednak w przypadku awarii zasilacza i zaistnienia niebezpiecznej sytuacji pożarowej nie otworzą się aż 3 bramy. Jeśli są to wszystkie bramy na obiekcie odpowiadające za oddymienie obiektu, w przypadku pożaru efekt może być tragiczny, a osoby, które odpowiadają za taki stan rzeczy, mogą ponieść surowe konsekwencje. Podczas projektowania systemu oddymiania zapamiętać należy, aby zawsze jedna brama (jeden napęd)



Polski zasilacz UZS-230V-1kW-1F wyróżnia się na tle innych dostępnych na rynku niewielką powierzchnią montażową (szer. 290 mm × wys. 500 mm), niską masą urządzenia (tylko 24 kg) oraz możliwością instalacji na powierzchni o niskiej nośności

wyposażona została w jeden zasilacz. Realizowanie połączeń w inny sposób niesie ze sobą potencjalne zagrożenie.

Kluczowym elementem zasilania systemu bezpieczeństwa ppoż. jest także okablowanie. System zadziała prawidłowo pod warunkiem zastosowania odpowiedniego rodzaju kabli i przewodów ppoż. Odpowiednie okablowanie umożliwi bezproblemowe dotarcie sygnału z centralki sterującej do zasilacza.

Drugim obszarem, w którym istnieje konieczność zapewnienia pewności zasilania, są maszyny i kluczowe odbiorniki

w firmach przemysłowych. Dopóki na obiekcie istnieje zasilanie o parametrach wysokiej jakości, wszystko zwykle działa dobrze. Zdarzają się jednak sytuacje, gdy dojdzie do zaniku lub długotrwałego blackoutu (co w obecnych realiach jest coraz częstszym zjawiskiem). Dodatkowo rozwój fotowoltaiki i coraz powszechniejsze panele słoneczne powodują, że parametry napięcia sieciowego są dalekie od ideału. Istniejący kiedyś problem zbyt niskiego napięcia w sieci coraz częściej zmienia się w sytuację, kiedy napięcie jest za wysokie. Dla czułych



UPS EVER POWERLINE GREEN 33 PRO dzięki możliwości podwójnego przetwarzania energii (separacji energetycznej) umożliwia generowanie na wyjściu jednostki napięcia o parametrach najwyższej jakości VFI-SS-111

urządzeń nie jest to wskazane. W takich wypadkach idealnym rozwiązaniem powyższych problemów stają się zasilacze online z serii POWERLINE GREEN



PRO (10–20 kVA), POWERLINE GREEN LITE (10–60 kVA), jak również POWERLINE DARK 33 (10–200 kVA). Te UPS-y wykonane w topologii online, gwarantują idealne zabezpieczenie dla maszyn przemysłowych – gwarantując zasilanie podczas zaniku oraz redukując zaburzenia napięcia zasilającego. Jako że zakup UPS-ów jest często odkładany przez inwestorów, zwrócić należy uwagę na fakt, że koszty związane z przestojem zakładu w wyniku braku zasilania czy straty w materiałach nie nadających się do wykorzystania (przerwanie procesu produkcyjnego) są niejednokrotnie o wiele większe niż rozsądna inwestycja w skuteczne zabezpieczenie.

W przypadku konieczności zasilania urządzeń lub obiektu na kilka godzin warto rozważyć układ tandemowy – UPS + agregat. W takim rozwiązaniu

agregat zapewnia długi czas pracy, a UPS stanowi bufor na czas uruchomienia agregatu. Dodatkowo zasilacz stanowi układ filtrujący, który gwarantuje dostarczanie do urządzeń napięcia o idealnych parametrach. Bardzo istotne staje się właściwe dobranie rozwiązań od strony poboru mocy. Maszyny stosowane w przemyśle mają często duże (chwilowe) pobory mocy podczas uruchamiania. W takiej sytuacji zasilacze UPS muszą być dobrane z odpowiednim zapasem, aby nie dochodziło do przeciążeń. Dzięki dobraniu wysokiej jakości współpracujących urządzeń możliwa staje się redukcja problemów wynikających ze zmiany wartości napięcia i częstotliwości oraz synchronizacji pracy urządzeń szczególnie podczas dynamicznych zmian obciążenia.

Skuteczne zasilanie stanowi istotną rolę w utrzymaniu bezpieczeństwa obiektów nie tylko przemysłowych. Aspekty te można przenieść prawie na każdą inną działalność gospodarczą. Dobór rozwiązań warto powierzyć doświadczonym ekspertom. Ponad 30 lat doświadczeń EVER w obszarze zasilania pozwala dzielić się praktycznymi wskazówkami dotyczącymi sposobów zastosowania i dobierania rozwiązań. Nasz zespół jest gotów doradzić i dopasować różne rozwiązania zasilania od najprostszych po złożone systemy 3-fazowe. Dodatkowo Dział Badań i Rozwoju EVER posiada szerokie zaplecze z możliwościami projektowania rozwiązań od podstaw i sztych na miarę potrzeb odbiorców. ■



EVER Sp. z o.o.  
ul. Wołczyńska 19  
60-003 Poznań  
tel. 61 650 04 00  
fax 61 651 09 27  
e-mail: ups@ever.eu  
www.ever.eu



# Energooszczędny falownik serii SXA1000 w obudowie IP65 o mocy do 2,2 kW do montażu na silniku

Jerzy Sobczak

Firma Sanyu Sobczak sp. j. wprowadziła 2 lata temu falownik serii SXS1000 w obudowie IP56/65. Został on bardzo dobrze przyjęty przez naszych klientów. Przemiennik ten szczególnie chętnie wykorzystywany jest w branży klimatyzacji i wentylacji (HVAC). Jest obecnie produkowany do mocy 22 kW. Falownik ten stał się rozpoznawalną marką firmy Sanyu Sobczak sp. j. w Polsce i na świecie.



reklama

Jego wersja dedykowana do zabudowy na silniku asynchronicznym to falownik serii SXA1000. Reprezentuje on nową generację wysokiej jakości wielofunkcyjnych, ekonomicznych i wydajnych przemienników częstotliwości. Przemiennik częstotliwości SXA1000 jest energooszczędnym falownikiem skalarnym, zasilanym dzisiaj jedno-, a w najbliższej przyszłości trójfazowo, produkowanym obecnie do mocy 2,2 kW, zamkniętym w obudowie o stopniu ochrony IP65. Falownik ten jest wyposażony w całym swoim zakresie w filtry wejściowe. Jest energooszczędny (funkcja *energy-saving*), prosty w obsłudze i tani. Falownik serii SXA1000 posiada następujące cechy:

- sterowanie U/f;
- zabudowany filtr sieciowy;
- wyświetlacz LED;
- przystosowany do montażu na silniku;
- posiada RS485, (protokół komunikacyjny Modbus RTU lub ASCII);

Typ	Moc	Nap.	Cena zł
SXA1000-00R5G2	0,55	220	536,00
SXA100-00R7G2	0,75	220	545,00
SXA1000-01R1G2	1,1	220	602,00
SXA1000-01R5G2	1,5	220	612,00
SXA1000-02R2G2	2,2	220	644,00

\*oferta do wyczerpania zapasów

- wbudowany prosty sterownik PLC;
- regulator PID;
- posiada funkcję „lotny start”;
- posiada zegar czasu;
- *multi speed* – technologia zadawania do 9 prędkości;
- 18 rodzajów zabezpieczeń;
- 3 wejścia cyfrowe;
- 2 wyjścia przekaźnikowe;
- wejście analogowe 0–10 V, 0 / 4–20 mA;
- zasilacz 24 V / 100 mA;
- funkcja *Emergency Stop*;
- funkcja inteligentnego sterowania pompami;
- zewnętrzny wyświetlacz LED.



kupuj  
on-line  
sanyu.eu/sklep

+48 32 345 20 20  
info@sanyu.eu  
www.sanyu.eu



falowniki • softstarty



Testowane i Serwisowane w Polsce  
+48 606 945 936



OSZCZĘDZA ŚRODOWISKO I TWOJE PIENIĄDZE  
ECO-MONEY SAVING



od 2013 r.  
SANYU.eu  
na polskim rynku



Przebiegnik częstotliwości SXA1000 został tak zaprojektowany, aby przy możliwościach opisanych powyżej posiadał rozsądną cenę (patrz tabela). Stosowanie falowników o stopniu ochrony IP65 pozwala znacznie ograniczyć

koszty instalacji. Ogranicza wielkość szaf sterujących oraz eliminuje wentylatory do ich przewietrzania. Przy zastosowaniu odpowiednich adapterów można montować go bezpośrednio na silniku.

Kompaktowa obudowa i system montażu falowników serii SXA1000 nawiązują do obecnych na rynku produktów. Więcej informacji uzyskają Państwo na naszej stronie [www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu). ■

**SANYU.eu**<sup>®</sup>  
falowniki • softstarty

e-mail: [info@sanyu.eu](mailto:info@sanyu.eu)  
[www.sanyu.eu](http://www.sanyu.eu)

### WYDARZENIA

#### Schneider Electric i Politechnika Świętokrzyska skomercjalizują największą mikrosieć energetyczną w kraju

Politechnika Świętokrzyska oraz Schneider Electric, lider w dziedzinie cyfrowej transformacji zarządzania energią i automatyki, zawarły współpracę, dzięki której możliwa będzie komercjalizacja prac badawczych realizowanych w ramach największej mikrosieci elektroenergetycznej w Polsce. Porozumienie zostało podpisane przez władze Politechniki reprezentowane przez rektora, prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Korubę, oraz Jacka Łukaszewskiego, prezesa Schneider Electric na klaster Europy Środkowo-Wschodniej. Mikrosieć na Politechnice Świętokrzyskiej powstała w oparciu o rozwiązania Schneider Electric.

Politechnika Świętokrzyska dzięki współpracy ze Schneider Electric będzie mogła doprowadzić do komercjalizacji prac badawczych oraz promocji innowacyjnych rozwiązań energetycznych w obszarze mikrosieci. Chodzi o działania, które mają na celu zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego przedsiębiorstw oraz maksymalizację efektywności wykorzystania taniej energii pochodzącej z odnawialnych źródeł.

– Współpraca z Politechniką Świętokrzyską to doskonały przykład efektywnego współdziałania na styku nauki i biznesu, a jednocześnie inicjatywa, która przyczynia się do promocji pozytywnych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju opartego na inteligentnie zarządzanych odnawialnych źródłach energii. Cieszy mnie, że dbałość o ekologię w tak płynny sposób łączy się z rozwojem

technologicznym, a beneficjentami tego rozwoju staniemy się jako społeczeństwo my wszyscy – mówi Jacek Łukaszewski, prezes Schneider Electric na klaster Europy Środkowo-Wschodniej.

Wybudowana i uruchomiona przy współdziałaniu Schneider Electric mikrosieć elektroenergetyczna Politechniki jest idealnym miejscem do modelowania rozwiązań odpowiadających na konkretne zapotrzebowanie największych przedsiębiorstw oraz instytucji publicznych.

– Długofalowa współpraca naszej uczelni ze Schneider Electric zapowiada się bardzo obiecująco. Naszym celem jest, aby opracowane na Politechnice rozwiązania mogły zostać wdrożone na szeroką skalę – czy w biznesie, czy w przestrzeni publicznej. Cieszymy się, że z dostępności technologii będą też mogli korzystać nasi studenci i pracownicy naukowcy, w praktyczny sposób rozwijając swoje kompetencje poprzez wykorzystanie rozległego know-how tak istotnej marki na rynku, jak Schneider Electric – wskazuje prof. dr. hab. inż. Zbigniew Koruba, rektor Politechniki Świętokrzyskiej.

Dodatkowym benefitem współpracy nawiązanej przez Schneider Electric z Politechniką Świętokrzyską jest jej wymiar edukacyjny. Studenci i pracownicy naukowcy uczelni będą mogli uczestniczyć w badaniach w zakresie działania i rozwoju mikrosieci elektroenergetycznych. Badania prowadzone będą w Laboratorium Przemysłowym Niskoemisyjnych i Odnawialnych Źródeł Energii działającym w ramach Centrum Naukowo-Wdrożeniowego Inteligentnych Specjalizacji Regionu Świętokrzyskiego (CENWIS).

– Mikrosieci elektroenergetyczne w naszym kraju to wciąż nowość, która dopiero się rozwija. Wspólnie ze Schneider Electric będziemy pracować na rzecz urynkowania rozwiązań. Naszym zadaniem będzie wspieranie koncepcji budowania mikrosieci, otwieranie drzwi do tych rozwiązań. Są to wdrożenia, które integrują zarówno odbiory energii, jak i różnego rodzaju źródła. Fotowoltaika czy energia pochodząca z wiatru to źródła z natury bardzo niestabilne, dlatego w ramach mikrosieci integrujemy z nimi elementy bardziej pewne, takie jak generatory czy magazyny energii. Jesteśmy w stanie zademonstrować to na żywym przykładzie i odpowiedzieć na praktyczne pytania zainteresowanych firm i instytucji – tłumaczy mgr inż. Artur Pawelec, członek zespołu Laboratorium Przemysłowego Niskoemisyjnych i Odnawialnych Źródeł Energii Politechniki Świętokrzyskiej.

Mikrosieci elektroenergetyczne umożliwiają integrację rozproszonych odnawialnych źródeł energii oraz ułatwiają utrzymywanie stabilności i wydajności sieci. Z kolei oferowana przez Schneider Electric platforma EcoStruxure Microgrid Advisor umożliwia dynamiczne kontrolowanie źródeł i odbiorników energii we w pełni zdigitalizowany sposób. Oprogramowanie łączy rozproszone zasoby energetyczne (DER) oraz automatycznie programuje i optymalizuje je pod kątem tego, kiedy i jak zużywać, produkować i magazynować energię. Interfejs w czasie rzeczywistym pokazuje na bieżąco oszczędności, zyski oraz przesyła informacje dotyczące redukcji emisji dwutlenku węgla.

Źródło: Schneider Electric





**25** LAT  
YEARS  
**enex**

**08-09**  
**03**  
**2023**

**Największe Targi Odnawialnych  
Źródeł Energii w Polsce.**



# Przemysłowy magazyn energii od ELMECH katalizatorem korzyści dla przemysłu

Patryk Jeż

Magazyny energii ENERGATE od Elmech cieszą się coraz większym uznaniem wśród przedsiębiorstw przemysłowych, które przez stałe zarządzanie energią obniżają wydatki na prąd oraz zwiększają bezpieczeństwo energetyczne. Dziś można śmiało stwierdzić, że poświęcając 5 minut na analizę faktury za zużycie energii elektrycznej, każdy przedsiębiorca może wyliczyć, ile jest w stanie zarobić na konsumowanej energii, redukując jednocześnie koszty, oraz po jakim czasie inwestycja ta zacznie przynosić mu czysty zysk.

## Większe wydatki, większe niebezpieczeństwo

Rosnące ceny energii elektrycznej i coraz częstsze ryzyko przerw w dostawie prądu to problemy, które nie omijają przedsiębiorstw przemysłowych. Wpływają one na dochody firm i ich zdolności produkcyjne, dlatego aktywne przeciwdziałanie zagrożeniom i zarządzanie energią będą strategicznymi ruchami w tym sektorze gospodarki. Energate rozwiązuje oba problemy jednocześnie, a dodatkowo realizuje cele ekologiczne, które są tożsame ze strategiami rozwoju coraz większej liczby biznesów.

## Energia korzyści – oblicz to sam

Zarządzanie energią elektryczną przez magazyn energii daje korzyści w trzech wymiarach: finansowym, technologicznym oraz ekologicznym. Korzyści finansowe odzwierciedlają się w comiesięcznych niższych rachunkach za zużycie energii elektrycznej. Największą rolę w optymalizacji kosztów zużycia prądu odgrywa zmiana struktury poboru energii. Jednak aby to osiągnąć, należy pobierać energię w czasie tzw. taryfowej reszty doby, kiedy jest najtańsza, a zużywać w szczytach: przedpołudniowym i popołudniowym, kiedy jest najdroższa.

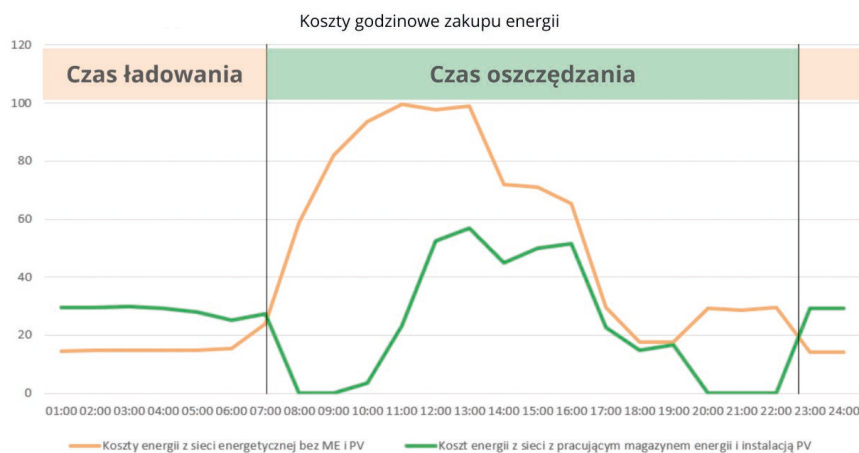
Skutkiem optymalizacji jest otrzymanie niższej średniej ceny energii w ciągu doby, co pokazuje wykres.

Obliczenie korzyści finansowych płynących z użycia magazynu energii jest skomplikowanym procesem. By jednak wyjść naprzeciw pytaniu: „Ile mogę zarobić na mojej energii już dziś?“, Elmech zbudował kalkulator korzyści, który pomaga przedsiębiorcom sprawdzić, ile wyniosą oszczędności i jaki będzie termin zwrotu z inwestycji. Przy okazji przedsiębiorcy mogą sprawdzić również, jaka moc i pojemność magazynu energii będzie dla nich najkorzystniejsza. Dobór urządzenia to najważniejsza czynność przy planowaniu inwestycji. Przewymiarowany magazyn nie będzie

wykorzystywany w pełni, z kolei zbyt mały nie będzie dawał maksymalnych korzyści.

## Bezpieczeństwo energetyczne a dotkliwe (dla portfela) konsekwencje

Stabilność dostaw energii to ważny element ciągłości pracy linii produkcyjnych, która wpływa na dochody przedsiębiorstwa oraz terminowość realizacji usług. Przerwy w zasilaniu powodują dużo większe straty niż sam przestój produkcji. Nagłe odcięcie zasilania może spowodować awarię robotów i urządzeń produkcyjnych. Kwoty oszczędności





spowodowane uniknięciem awarii maszyn nie da się obliczyć i zaplanować w prognozie zwrotu, jednak ochrona ta może wielokrotnie przyspieszyć zwrot z inwestycji w magazyn energii.

### Zielona energia wciąż korzystna dla biznesu

Popularnym rozwiązaniem, które zwiększa niezależność energetyczną firmy, jest instalacja paneli fotowoltaicznych. Rzecz jasna, taka inwestycja daje darmową energię z promieni słonecznych, ale najczęściej jej potencjał nie jest wykorzystywany w 100%. W 2023 roku wypada 115 dni wolnych od pracy. W przypadku instalacji większych niż 50 kWp nadwyżka produkowanej energii jest sprzedawana do sieci zakładu energetycznego często znacznie taniej, niż jest później kupowana. Poprawnie dobrany magazyn energii pozwoli firmie zgromadzić energię, którą przedsiębiorstwo może zużyć w kolejnym dniu roboczym. Działanie to zwiększa potencjał finansowy całej inwestycji i *de facto* powoduje korzystanie z darmowej energii.

### Poprawa jakości energii – prąd, który może więcej

Zakłady przemysłowe to obiekty, które w największym stopniu tracą na niskiej jakości energii elektrycznej. Jak wszystko,

również energia ma swoją jakość. Najłatwiej zobrazować ją efektywnością urządzeń, czyli tym, ile urządzenie potrzebuje energii, aby wykonać daną pracę. Niska jakość energii powoduje mniejszą sprawność urządzeń oraz większe straty energii. Dwoma podstawowymi powodami niskiej jakości energii są: moc bierna i wyższe harmoniczne. Skutkują większym poborem energii czynnej, opłatami za energię bierną pojemnościową i indukcyjną oraz narażają urządzenia na częstsze awarie.

Problem niskiej jakości energii jest szczególnie istotny w przypadku wysoce zrobotyzowanych linii produkcyjnych, które są bardzo wrażliwe na niską jakość energii. Ta finalnie może prowadzić do

ich awarii, a w ekstremalnych sytuacjach nawet spaleń elektroniki.

Magazyn energii Elmech jest zbudowany w oparciu o filtr aktywny Xinus, który nie tylko zarządza przepływem energii w całym systemie, ale dodatkowo poprawia parametry jakościowe. Poprawa jakości energii może skutkować nawet 10-procentowym zmniejszeniem poboru energii czynnej oraz całkowitą likwidacją opłat za pobór energii biernej. Zmniejszenie wydatków w obu obszarach może znacznie zwiększyć oszczędności, dodatkowo poprawiając bezpieczeństwo urządzeń, którego nie sposób wycenić







### Między designem a użytecznością

Wraz ze wzrastającą świadomością ekologiczną społeczeństwa rosną oczekiwania dotyczące niskoemisyjności. Energate wykracza poza schemat i daje możliwość dostosowania swojego *designu* do kontekstu architektonicznego otoczenia. Indywidualny projekt zewnętrznej zabudowy magazynu energii pozwala pogodzić kwestie wyglądu urządzenia z jego funkcjonalnością. Co więcej, Energate daje szansę na wprowadzenie obiektu na wyższy poziom niezależności energetycznej i bezpieczeństwa, a dodatkowo pozwala zredukować koszty zużycia energii. Energate to nie tylko przepustka do nowoczesnej energetyki i bezpieczeństwa, ale do świata użytecznego *designu*, który zachwyca swoim stylem, podnosząc tym samym rangę i prestiż obiektu.

### Niższy ślad węglowy

Klienci coraz częściej zwracają uwagę na ślad węglowy produktu i działania związane z poprawą efektywności energetycznej swoich dostawców, co motywuje przedsiębiorstwa produkcyjne do realnego zmniejszania śladu węglowego, czyli ilości emisji gazów cieplarnianych. Polski system energetyczny w głównej mierze jest oparty o paliwa kopalne, czyli węgiel kamienny i brunatny, które są wysokoemisyjnymi, dlatego też spółki

na starcie są obciążone dużym śladem węglowym. Sama redukcja gazów cieplarnianych nie wynika tylko z obowiązku raportowania zrównoważonego rozwoju, ale przede wszystkim z wartości wynikających z polityk ESG lub CSR, które są coraz częściej implementowane w strategiach działania spółek akcyjnych.

Firmy, chcąc zmniejszać ślad węglowy, powinny podjąć proaktywne działania w kwestiach energii elektrycznej i cieplnej. Do tej pory najczęściej przyjmowały pozycje odbiorcy. Pojęcie proaktywnych działań znaczy produkowanie energii na własny użytek z nisko- lub zeroemisyjnych źródeł, co w efektywny sposób przyczynia się do redukcji śladu węglowego. Chcąc w pełni wykorzystać własne źródła produkcyjne i w jeszcze większym stopniu zredukować ślad węglowy, powinny inwestować dodatkowo w magazyny energii.

Obecnie inwestycje mające na celu zmniejszenie śladu węglowego są pozytywnie postrzegane przez banki i firmy leasingowe, które chętnie finansują takie przedsięwzięcia. Przy finansowaniu zewnętrznym często zyski z inwestycji już w pierwszym roku są większe niż koszty rat. Inwestycja opłaca się nie tylko pod względem finansowym, ale również ekologicznym. Jeśli dołożymy do tego trzeci aspekt, czyli budowania bezpieczeństwa i niezależności energetycznej firmy, zobaczymy, że odnawialne źródła energii w zestawie z magazynem

energii tworzą podstawy do stabilnego i zrównoważonego rozwoju spółki, co wzmocni jej pozycję na rynku.

### Rachunek zysków

Koszt inwestycji w magazyn energii i własne źródło wytwórcze jest zależny od wybranego typu instalacji i od jej skali, dlatego trudno określić kwotę, nie znając tych parametrów. Z pewnością inwestycje w odnawialne źródła energii wiążą się ze znacznymi nakładami, jednak odpowiednio dobrana instalacja razem z magazynem energii mogą się zwrócić w czasie około 4–7 lat, a przez kolejne lata przynosić same zyski.

Co więcej, magazyny energii znalazły szerokie zastosowanie w Niemczech czy Stanach Zjednoczonych i są nieodłącznymi elementami projektów nowoczesnych fabryk. Wszystko ze względu na wymierne korzyści, które przynoszą. Ich liczba, jak i szerokie spektrum oddziaływania na przedsiębiorstwo tworzą fundament pod stabilny rozwój w perspektywie długoterminowej.

Pierwszym krokiem w procesie zawsze jest kalkulacja swoich korzyści. W tym przypadku najprostszym sposobem jest skorzystanie z kalkulatora korzyści dostępnego na stronie [www.energate.pl](http://www.energate.pl) i sprawdzenie, ile firma może zaoszczędzić, decydując się na dopasowany do swoich potrzeb magazyn energii. To inwestycja, która zaczyna się na prognozie, a kończy się na realnej redukcji jednego z kluczowych składników kosztowych każdego przedsiębiorstwa. ■

 Patryk Jeż

Elmech-ASE Sp. z o.o.  
ul. Podmiejska 5 C  
83-000 Pruszcz Gdański  
tel.: 58 683 41 13  
tel.: 58 682 20 32  
email: kontakt@energate.pl  
[www.energate.pl](http://www.energate.pl)



# Kopalnia wiedzy i kompleksowa oferta dla przemysłu

Siła Targów ITM INDUSTRY EUROPE, MODERNLOG, SUBCONTRACTING oraz Salonu BHP ma moc przyciągania. Do grona wystawców najbliższej edycji już dołączyli liderzy branży. Najnowsze technologie dla przemysłu i logistyki od 30 maja do 2 czerwca 2023 roku ponownie wypełnią hale na Międzynarodowych Targach Poznańskich. Nie zabraknie dyskusji na temat wyzwań oraz sposobów na rozwiązywanie aktualnych problemów, z którymi zmagają się firmy produkcyjne.

**W** ramach ekspozycji Targów ITM INDUSTRY EUROPE zaplanowano uruchomienie punktu konsultacyjnego, w którym doradcy udzielą informacji dotyczących programów wsparcia dla firm.

– Pomysł takiego miejsca jest w głównej mierze pokłosiem naszych rozmów z wystawcami. Część przedsiębiorstw planujących wdrożenia innowacyjnych rozwiązań w swoich fabrykach boryka się z problemem znalezienia na to środków. Powstaje wiele programów i grantów, niekiedy trudno dobrać odpowiedni dla siebie. Doradcy w punkcie konsultacyjnym pozwolą podjąć odpowiednią decyzję. To będzie też jednocześnie ostatnia „stacja” tematycznych ścieżek zwiedzania, które reaktywujemy w zmodyfikowanej formie. Tematy będą dotyczyły wybranych zagadnień z zakresu procesów produkcji i logistyki. Finalnym punktem będzie stoisko konsultacyjne, gdzie uczestnicy dowiedzą się, jak można sfinansować procesy poznane w trakcie „ścieżki” – zapowiada Anna Lemańska-Kramer, dyrektor Targów ITM INDUSTRY EUROPE.

Podczas najbliższej edycji wydarzenia silny akcent zostanie położony na obecność instytucji działających w obszarze Przemysłu 4.0. Będzie to okazja do rozmów z naukowcami na temat aktualnych projektów mających praktyczny wymiar.

– To będzie prawdziwa kopalnia wiedzy dla przedsiębiorstw produkcyjnych. Mam nadzieję, że nasze Targi pozwolą zainicjować wiele wdrożeń. Planujemy mocno rozwinąć program konferencyjny, więc w najbliższej edycji pojawi się wiele debat i wykładów ekspertów. Stawiamy na praktykę, pokażemy przykłady udanych implementacji najnowszych technologii – dodaje Anna Lemańska-Kramer.

Choć do targów ITM INDUSTRY EUROPE zostało jeszcze kilka miesięcy, to powierzchnia wystawiennicza została już w dużej mierze zarezerwowana.

– Doceniamy, że nasi wystawcy traktują obecność na Targach ITM INDUSTRY EUROPE jako „pewnik” i wpisują je w biznesowy kalendarz, rekomendując udział w wydarzeniu także innym firmom. Już dziś możemy z dumą ogłosić, że udział w ITM INDUSTRY EUROPE 2023 zapowiedzieli liderzy tacy, jak m.in.: AMADA, DIG ŚWITAŁA, DMG MORI POLSKA, FANUC POLSKA, HIGH TECHNOLOGY MACHINES, KIMLA, MACHINE TOOLS INTERNATIONAL, MITUTOYO POLSKA, TRUMPF POLSKA, YAMAZAKI MAZAK CENTRAL EUROPE. Firmy, które do nas dołączają, sukcesywnie dodajemy na naszej stronie internetowej, na którą zachęcam

zaglądać. Cieszy nas, że na tym etapie prac nad projektem możemy śmiało powiedzieć: Szykuje się dobra edycja – mówi dyrektor Targów ITM INDUSTRY EUROPE.

## Przemysłowa Kooperacja

W trakcie Targów ITM INDUSTRY EUROPE tradycyjnie odbędą się także Targi Kooperacji Przemysłowej SUBCONTRACTING. To miejsce nawiązywania kontaktów i aranżacji spotkań pomiędzy poddostawcami z branży obróbki metali i szeroko rozumianych usług przemysłowych a firmami poszukującymi takich wykonawców. Dla wygody inicjowania takich aktywności już została uruchomiona platforma Subcontracting Meetings, na którą wystarczy się zarejestrować, wybrać swój obszar aktywności, krótko opisać zapotrzebowanie lub prezentowany produkt czy usługę, a w kolejnym etapie, kilka tygodni przed Targami, zaprosić partnerów do spotkań.

Współorganizatorem Subcontracting Meetings jest Poznański Park Naukowo-Technologiczny reprezentujący European Enterprise Network.

## Logistyka na Targach MODERNLOG i Salon BHP

W towarzystwie ITM Industry Europe organizowane jest również jedno z najważniejszych spotkań branży logistycznej w Polsce, czyli Targi Logistyki, Magazynowania i Transportu MODERNLOG. Wydarzenie to co roku przyciąga pracowników centrów dystrybucyjnych, kierowników magazynów i szefów łańcuchów dostaw, którzy poszukują nie tylko inspiracji, ale także konkretnych rozwiązań technologicznych. To tutaj można zapoznać się z szeroką ofertą producentów nowoczesnych rozwiązań, ale także poznać integratorów systemów czy sprawdzić ofertę ich dystrybutorów.

W programie Targów MODERNLOG nie brakuje również merytorycznych spotkań i dyskusji. Szczególnie warto zwrócić uwagę na program konferencji Smart Warehouse, na scenie której swoją wiedzę dzielą się eksperci ze znanych marek.

## Bezpieczeństwo pracy w przemyśle

Interesujące konferencje i prelekcje organizowane przez najważniejsze instytucje zajmujące się tematyką bezpieczeństwa i ochrony pracy w Polsce oraz ciekawe produkty i rozwiązania z tego zakresu – tak zapowiada się Salon Bezpieczeństwo Pracy w Przemysle. ■

Więcej na: [www.itm-europe.pl](http://www.itm-europe.pl)

Automatyzacja maszyn – SEW-EURODRIVE

# StarterSET – szybsza droga do gotowej maszyny

Dzięki StarterSET otrzymujesz zestaw startowy, który możesz rozbudować o indywidualnie dostosowane dodatki, odpowiednie do Twoich maszyn. A to wszystko w elastyczny, modułowy i niezależny sposób. Dobrze wiedzieć, że dajemy Ci takie możliwości – dzięki naszym produktom możesz wdrożyć technikę napędową i rozwiązania do automatyzacji, pozostając przy tym niezależnym. Wszystko jest możliwe.

## Twój zestaw startowy – od początku do końca

Szybciej, w sposób zindywidualizowany i bardziej elastycznie – zgodnie z taką filozofią oraz ideą modułowości oferujemy kompletny i doskonale dostosowany pakiet oprogramowania i sprzętu „made by SEW-EURODRIVE” dla najszerszej gamy maszyn. Niezależnie od tego, czy Twoje procesy przebiegają w sposób ciągły czy cykliczny – nasz pakiet do automatyzacji StarterSET ułatwia wdrożenie rozwiązania oraz skraca czas konfiguracji, a także czas realizacji projektu, zmniejszając w ten sposób całkowite koszty (*Overall Equipment Effectiveness – OEE*).

Alexander Hack, Strategic Portfolio Manager w SEW-EURODRIVE:

Automatyzacja jest skomplikowana, dlatego dobrze wiedzieć, że nasz StarterSET pomaga ją uprościć.

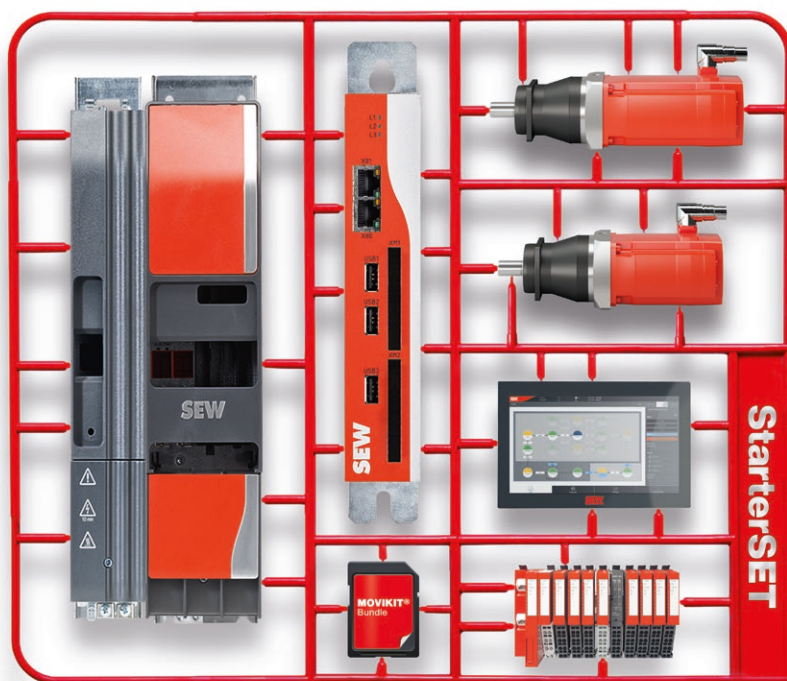
## Maszyny pakujące obejmują ogromne spektrum operacji

Każdego dnia miliardy produktów, artykułów spożywczych oraz innych dóbr są pakowane, transportowane, rozładowywane, przepakowywane, mieszane, przechowywane, poddawane recyklingowi, sortowane, oddzielane, dzielone

lub dystrybuowane. I niezależnie od tego, czy mówimy o opakowaniach pierwotnych, wtórnych czy jakichkolwiek innych, ich różnorodność jest niemal nieskończona. W związku z tym inteligentne maszyny pakujące stały się dla przemysłu nieodzowne. Decydujące znaczenie dla automatyzacji maszyn pakujących, jak również dla ich funkcji i sekwencji ruchów, mają wielkość opakowania, waga, właściwości oraz objętość produktu.

## Proste rozwiązania automatyzacji maszyn

Szybkie przebrojenia oraz częste zmiany przetwarzanych produktów wymagają modułowego i elastycznego *designu* maszyn. Dotyczy to zwłaszcza maszyn pakujących. Wiele aplikacji i sekwencji ruchu jest takich samych. Jednak „taki sam” nie oznacza „identyczny”. Niemniej jednak nadal istnieje możliwość uproszczenia procesów poprzez standaryzację.





Właśnie w tym celu opracowaliśmy w SEW-EURODRIVE zestaw StarterSET. Składa się on z podstawowych komponentów obejmujących *hardware* oraz *software*, które są specjalnie dopasowane i wstępnie dobrane dla określonego typu maszyny. Zestaw StarterSET nadaje się do bezpośredniego zastosowania jako pakiet podstawowy z możliwością elastycznego dostosowania oraz indywidualnej rozbudowy.

### StarterSET do poziomej maszyny pakującej FFS

Do pakowania pojedynczych sztuk, takich jak batoniki czy ciastka, najlepiej nadają się poziome maszyny pakujące FFS i to nie tylko w sektorze spożywczym. W przypadku poziomych maszyn pakujących FFS produkty pakowane są osobno. Rozwiązania automatyzacji firmy SEW-EURODRIVE umożliwiają w takich sytuacjach szybką, nieskomplikowaną i automatyczną zmianę formatu. W ten sposób producenci mają doskonałą kontrolę nad różnymi produktami i rozmiarami torebek opakowania, posiadając jedną maszynę pakującą.

Stabilna kontrola temperatury jest czynnikiem decydującym o jakości zgrzewu opakowania. Materiał i prędkość działania maszyny pakującej mają przy tym bezpośredni wpływ na regulację tego procesu. Za pomocą zawartych w MOVIKIT® Automation-Framework modułów oprogramowania

można w wysoce precyzyjny sposób wyregulować i kontrolować takie procesy korekcyjne, nawet w przypadku dużych zakłóceń. W połączeniu z modułem oprogramowania MOVIKIT® MultiMotion Camming można z kolei idealnie zsynchronizować zgrzew z nadrukiem folii. Moduły oprogramowania wchodzące w skład StarterSET zapewniają zatem szybką i łatwą automatyzację.

Jako pakiet podstawowy, na potrzeby automatyzacji stosunkowo kompaktowej poziomej maszyny pakującej FFS z dwiema synchronicznymi osiami serwo, dostępny jest **StarterSET Horizontal Form Fill oraz Seal „standard” (612)**. Do rozwiązań wyposażonych w maksymalnie sześć zsynchronizowanych serwonapędów oraz wykorzystujących pozostałe zadania automatyzacji

i wizualizacji **StarterSET Horizontal Form Fill oraz Seal „advanced” (614)** stanowi idealnie dopasowany pakiet. Niezależnie od wymaganej wydajności sterownika oba pakiety podstawowe zawierają MOVIKIT® Bundle FormFill-Seal z biblioteką wszechstronnych funkcji typowych dla maszyn.

Dobrze dopasowany, ze sporą swobodą w zakresie możliwości indywidualnego programowania i dużą ilością stopni swobody – zestaw StarterSET jest idealnym wprowadzeniem do świata automatyzacji firmy SEW-EURODRIVE.

### StarterSET do pionowej maszyny pakującej FFS

Pionowe maszyny pakujące FFS idealnie nadają się do napełniania towarów sypkich, takich jak orzechy czy cukierki. Wielkość worka, ciężar i właściwości produktu mają przy tym decydujące znaczenie dla automatyzacji w zakresie funkcji i ruchów maszyny. Biblioteki funkcji wchodzące w skład StarterSET zawierają specjalnie opracowane funkcje do korekty nadrukowanych marek, pozwalające na precyzyjną kontrolę nadruku na przetwarzanej folii.

Objęty zakresem StarterSET moduł oprogramowania MOVIKIT® MultiMotion Camming zapewnia realizowaną w czasie rzeczywistym synchronizację napełniania objętościowego, na przykład przy użyciu ślimaka. Jest to możliwe dzięki prostej parametryzacji wariantu napełnienia i równoczesnemu,



StarterSET do poziomej maszyny pakującej FFS



StarterSET do pionowej maszyny pakującej FFS



zsynchRONIZOWANEMU z taktem sterowaniu właściwych aktuatorów.

Prawie wszystkie pionowe maszyny pakujące FFS posiadają rozbudowane funkcje napędowe i regulujące, a przy tym różnią się między sobą zakresem oraz wydajnością. W związku z tym dla tych różnych klas wydajności firma SEW-EURODRIVE oferuje dwa różne zestawy StarterSET.

Maszyna pakująca FFS posiada średnio sześć zsynchRONIZOWANYCH osi serwo, które można zautomatyzować za pomocą pakietu podstawowego **StarterSET Vertical Form Fill oraz Seal „advanced” (624)**. Jeżeli do tego miałyby dojść dodatkowe zsynchRONIZOWANE napędy czy też inne złożone zadania automatyzacyjne,

wtedy zalecamy pakiet podstawowy **StarterSET Vertical Form Fill oraz Seal „progressive” (626)**. Niezależnie od tego, ile osi ma być napędzanych i jaka będzie ostateczna wydajność maszyny pakującej, dzięki naszym modułowym zestawom StarterSET zawsze zapewnimy Państwu odpowiednie wyposażenie podstawowe.

### StarterSET do Sideloadera / Toploadera

Od maszyny pakowania zbiorczego w wersji Sideloader lub Toploader oczekuje się, aby w możliwie najkrótszym czasie oraz przy najmniejszych nakładach pracy przetwarzane były najróżniejsze

formaty produktów. Wymaga to zastosowania rozwiązań automatyzacji o najwyższym stopniu elastyczności programowej – idealne warunki zastosowania dla naszego modułowego systemu automatyki MOVI-C®.

W przypadku produktów, które nie nadają się do spiętrzania ani układania w stosy, w obszarze opakowań wtórnych zastosowanie znajduje system pakowania zbiorczego w wersji z ładowaniem od góry (Toploader). Przygotowane kartony i tacki są automatycznie nakładane i klejone w maszynie do pakowania. Za pomocą jednej lub wielu kinematyk maszyna od góry układa produkty w pudełku, które następnie zostaje zamknięte i odtransportowane. Wersja Sideloader bez kinematyki robota synchronizuje produkty z kartonem za pomocą krzywki.

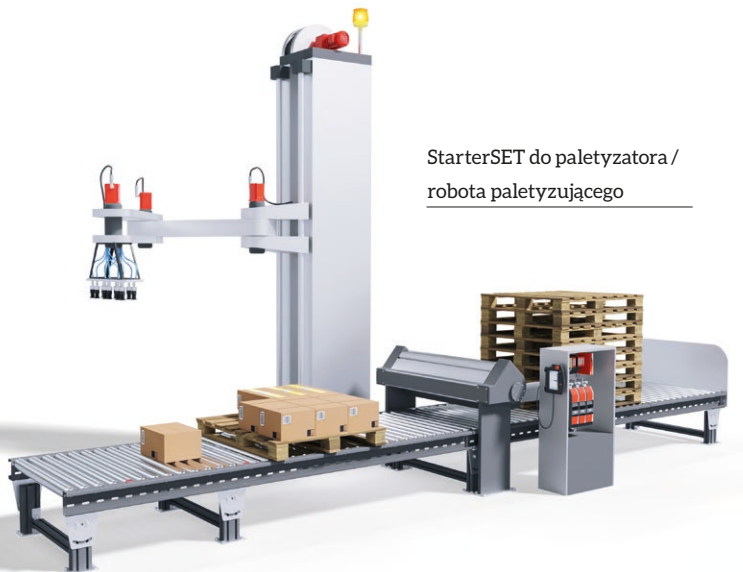
Ściąganie, oklejanie, formowanie, napełnianie i zamykanie – dzięki prostej parametryzacji można w łatwy sposób opisać i zrealizować modułową konstrukcję maszyny pakującej typu Toploader oraz Sideloader wraz z pasującym do niej zestawem StarterSET oraz odpowiednimi MOVIKIT® modułami oprogramowania z modułowego systemu automatyzacji MOVI-C®. W tym celu w ramach **StarterSET CasePacker „progressive” (646)** do dyspozycji znajdują się na przykład takie funkcje, jak elektroniczna tarcza krzywkowa na potrzeby zsynchRONIZOWANYCH ruchów osi oraz zależnego od pozycji sterowania zaworami realizowanych w czasie rzeczywistym. Zestaw **StarterSET CasePacker Robotics „progressive” (656)** idealnie nadaje się do wersji Toploader dzięki dodatkowej zintegrowanej funkcjonalności robota.

StarterSET do Sideloadera / Toploadera



### StarterSET do paletyzatora / robota paletyzującego

Jeżeli chodzi o paletyzatory lub roboty paletyzujące, to mamy do czynienia z automatyzacją procesową mającą na celu automatyczne zbieranie pojedynczych opakowań na nośnikach ładunku. Co do zasady istnieją cztery różne rodzaje paletyzatorów: robot z ramieniem przegubowym, paletyzator



StarterSET do paletyzatora /  
robota paletyzującego

EndOfLine Robotics oferują wszechstronne rozwiązanie programowe z rozbudowanymi funkcjami przewidzianymi specjalnie do paletyzatorów. Obok szybkości działania i niezawodności, gwarantują one doskonałą kontrolę osi robota, zapewniają najlepszą ochronę opakowań oraz jakość układania. ■

[www.sew-eurodrive.pl/starterset](http://www.sew-eurodrive.pl/starterset)

warstwowy, robot liniowy oraz paletyzator portalowy. Rozmiar i ciężar ładunku, a w szczególności przestrzeń robocza, są przy tym decydujące w kontekście funkcji i ruchów maszyny.

W takim przypadku właściwe rozwiązanie oferuje nasz zestaw StarterSET End-of-Line. Do robotów portalowych i liniowych (z dwuosiową kinematyką lub bez niej) doskonałym wyborem będzie **StarterSET End-of-Line „advanced”**

(664). Natomiast do złożonych robotów z ramieniem przegubowym lub czterosiową kinematyką idealnym pakietem podstawowym będzie **StarterSET End-of-Line Robotics „progressive” (676)**.

Wysoka elastyczność i modułowość zestawu StarterSET umożliwia szybkie wdrożenie każdego zadania automatyzacji w zakresie paletyzacji lub depaletyzacji. Zawarte w zestawie StarterSET MOVIKIT® Bundle EndOfLine oraz

**Drive.**  
**Automation.**  
Beyond.

**SEW  
EURODRIVE**

SEW-EURODRIVE Polska Sp. z o.o.

ul. Techniczna 5

92-518 Łódź

tel. 42 293 00 00

e-mail: [sew@sew-eurodrive.pl](mailto:sew@sew-eurodrive.pl)

[www.sew-eurodrive.pl](http://www.sew-eurodrive.pl)

reklama

## Które wydanie miesięcznika NiS jest dla Ciebie?

2/2023

**Automatyka i robotyka**

3/2023

**Przemysł 4.0**

4/2023

**Bezpieczeństwo w przemyśle**



# MAXXDRIVE – napęd idealny do ciężkich zastosowań

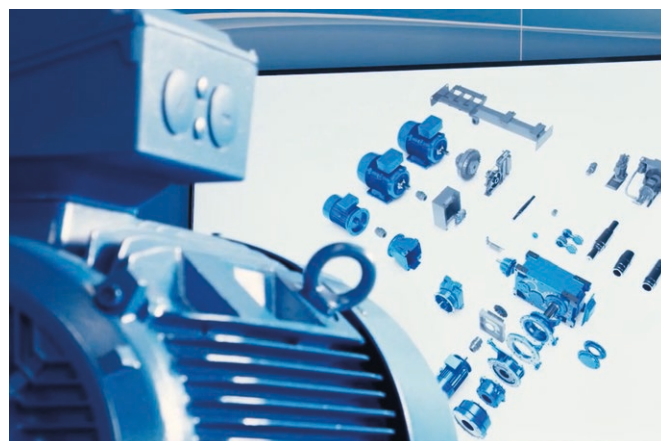
Ekstremalnie wysokie wyjściowe momenty obrotowe, cicha praca i długa żywotność – to wyjątkowe cechy modułowych przekładni przemysłowych MAXXDRIVE®, jakie oferuje NORD DRIVESYSTEMS.

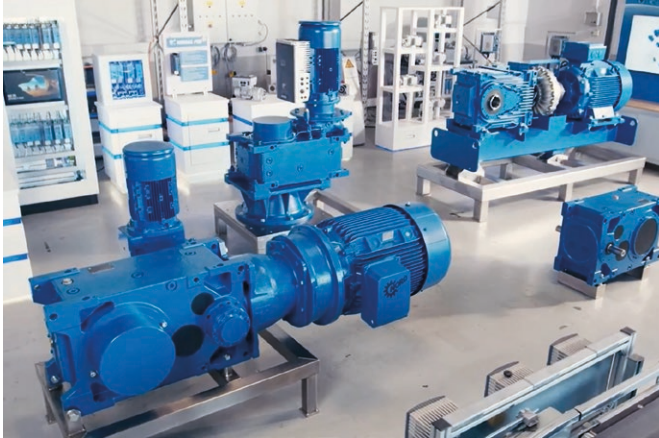
W latach 80. XX w. inżynierowie firmy NORD opracowali obudowę UNICASE. To koncepcja jednoczęściowego korpusu, która szybko stała się międzynarodowym standardem w budowie reduktorów i znalazła zastosowanie również w naszych przekładniach przemysłowych. Pozwala ona na montaż dużych łożysk tocznych, co przekłada się na wysoką obciążalność w połączeniu ze zmniejszonym ryzykiem wycieków. Innowacyjna konstrukcja, wysokiej jakości łożyska o niskim współczynniku tarcia oraz doskonała nośność zapewniają długą żywotność. Warto odnotować, że NORD jest producentem największych na świecie przekładni przemysłowych w jednoczęściowej obudowie. Nasze przekładnie przemysłowe MAXXDRIVE® zapewniają wysokie wyjściowe momenty obrotowe od 15 000 do 282 000 Nm i doskonale nadają się do zastosowań wymagających dużych obciążeń, w których zwykle występuje zwarty układ wału silnika i maszyny pod kątem prostym. Doskonale sprawdzą się w urządzeniach takich, jak mieszałki, napędy pasowe, mieszalniki, młyny i przenośniki kbelkowe. Reduktory MAXXDRIVE są dostępne w wersji z wałem równoległym lub kątowym i można je instalować w sześciu pozycjach montażowych, dzięki czemu zawsze optymalnie dostosują się do konstrukcji i dostępnej przestrzeni.

Nasze przekładnie przemysłowe są dostępne w różnych seriach. MAXXDRIVE® XT posiada zoptymalizowany pod kątem zastosowania projekt dwustopniowej przekładni walcowo-stożkowej, szczególnie odpowiedniej do systemów



przenośników taśmowych. Zakres mocy i prędkości został zaprojektowany specjalnie dla branż, w których wymagane są niskie prędkości w połączeniu z dużymi mocami. Na przykład w przemyśle materiałów sypkich i mineralnych, gdzie napędy muszą być odporne na zabrudzenia i niezawodne w trudnych





warunkach pracy. Wyposażono je w mocno żebrowaną obudowę i zintegrowany wentylator osiowy. Ze względu na zwiększoną powierzchnię i osłony przewodnic powietrza przepływ powietrza chłodzącego jest zoptymalizowany i osiągnięta jest bardzo wysoka moc ograniczenia termicznego. W wielu przypadkach dodatkowe chłodzenie nie jest wymagane. Duże łożyska toczne i odległości środkowe zwiększają nośność i żywotność komponentów. MAXXDRIWE XD® to najnowsza odsłona w katalogu NORD. Seria łączy sprawdzone komponenty MAXXDRIWE® z geometrycznie zoptymalizowaną jednoczęściową obudową,

która została specjalnie zaprojektowana do dużych obciążeń w zastosowaniach związanych z dźwignicami. Wydłużony o 35% rozstaw osi zastępuje stosowanie przewymiarowanych przekładni, a tym samym zmniejsza wagę stosowanych przekładni o 60%. Taka konstrukcja to również zapewnienie maksymalnej przestrzeni dla układu silnika i bębna linowego w kształcie litery U po tej samej stronie reduktora. Serię wyposażono również w pokrywę rewizyjną pozwalającą na prostą i łatwą kontrolę elementów wewnętrznych. ■



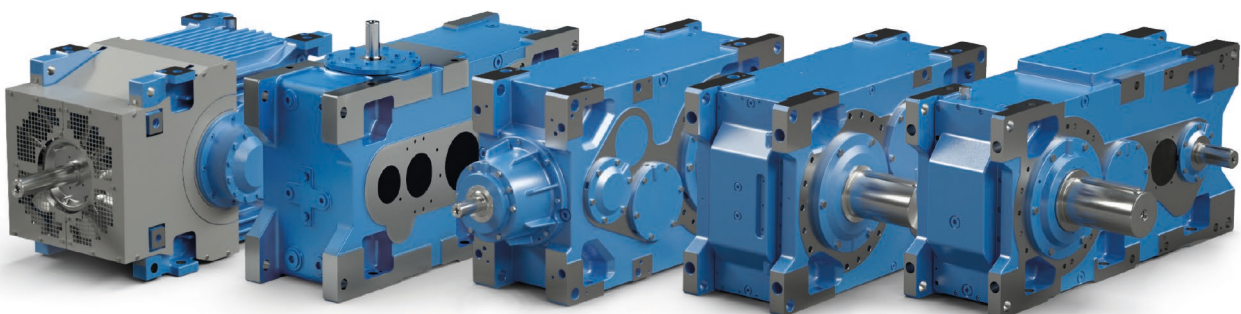
NORD Napędy Sp. z o.o.  
Zakrzów 414  
32-003 Podłęże  
tel. 12 288 99 00  
fax 12 288 99 11  
biuro@nord.com  
www.nord.com

reklama

## PRZEKŁADNIE PRZEMYSŁOWE MAXXDRIWE®

**WYDAJNE NAPĘDY  
DO CIĘŻKICH WARUNKÓW**

- ▶ Różnorodność opcji dostosowanych do indywidualnych potrzeb aplikacji
- ▶ Wysokie wyjściowe momenty obrotowe i moce napędowe
- ▶ Kompleksowe warianty konfiguracji i montażu

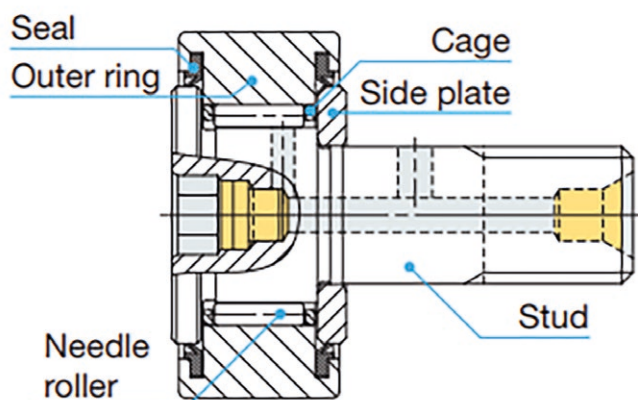


NORD Napędy | +48 12 288 99 00 | biuro@nord.com | www.nord.com



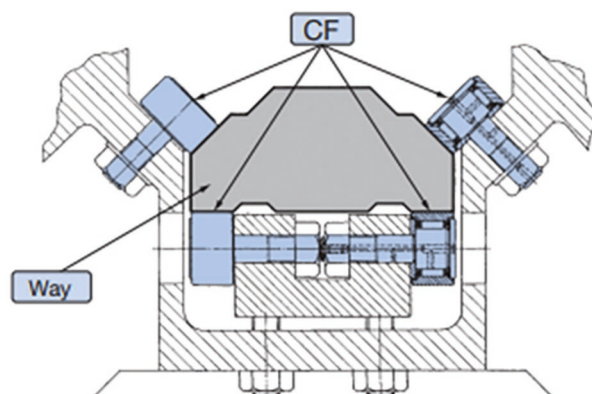
# Dwa innowatorskie rozwiązania, aby poprawić niezawodność i wytrzymałość

Rolki prowadzące to doskonały sposób na przekształcenie ruchu obrotowego w liniowy. Jednak – jak w przypadku każdego urządzenia mechanicznego – awaria nie jest pożądana. Aby zmaksymalizować czas pracy systemu, należy pamiętać o dwóch częstych przyczynach przestojów: niewspółosiowości i braku prawidłowego smarowania. W jaki sposób te okoliczności mogą unieruchomić łożyska?

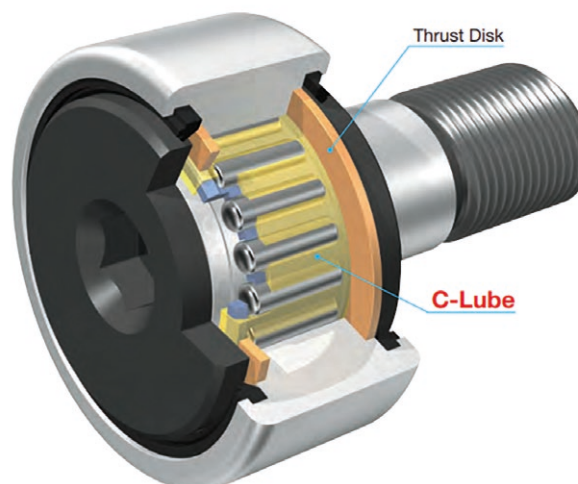


- **Niewspółosiowość.** Gdy łożysko jest zamontowane nieprawidłowo, niewspółosiowość powoduje obciążenia udarowe, które przyczyniają się do tarcia zewnętrznego pierścienia łożyska o pierścień boczny, co może prowadzić do przedwczesnego zużycia i awarii.
- **Nieprawidłowe smarowanie.** Chociaż oleje i smary mają duży wpływ na ochronę powierzchni tarcia tocznego, wymiana rolek prowadzących w maszynie lub próba dodatkowego smarowania trudno dostępnego obszaru mogą być kosztowne i czasochłonne. Czynniki te mogą opóźnić konserwację i stworzyć niepotrzebne ryzyko awarii.

Dzięki odpowiednim rolkom prowadzącym na szczęście można uniknąć tego typu problemów. Doskonałym rozwiązaniem mogą być rolki prowadzące serii CF...WB.../SG oferowane przez IKO. Zostały zaprojektowane w celu rozwiązania typowych przyczyn awarii łożysk i zapewnienia długiej żywotności. Rolki prowadzące CF...WB.../SG zapewniają niezawodne działanie dzięki dwóm innowacyjnym rozwiązaniom od IKO:



- **ThrustDisk.** Ta specjalna uszczelka umiejscowiona jest w obszarach styku pierścienia zewnętrznego i pierścienia bocznego, przenosi obciążenia osiowe spowodowane niewspółosiowością. Jest również odporna na ciepło i zanieczyszczenia, co poprawia żywotność łożyska.
- **C-Lube.** Łożyska CF...WB.../SG posiadają termoutwardzalny smar stały C-Lube umieszczony wewnątrz łożyska. C-Lube to poddany obróbce cieplnej i zestalony środek smarny składający się z pewnej ilości oleju smarnego i żywicy polietylenu o bardzo wysokiej masie cząsteczkowej. Gdy łożysko się obraca, olej smarny wycieka z C-Lube na bieżnię i pozostawia cienki film olejowy, umożliwiając smarowanie łożyska przez długi okres czasu.



Ponieważ uszczelnienie typu ThrustDisk w dużym stopniu rozwiązuje problem obciążenia osiowego spowodowanego błędami montażowymi, rolki prowadzące serii CF...WB.../SG są bardziej odporne na uderzenia. A połączenie technologii ThrustDisk z C-Lube zapewnia niezawodne działanie i długą żywotność. Oprócz funkcji zapobiegających awariom, rolki te oferują niski współczynnik tarcia, dobrą wydajność obrotową i łatwy montaż. Średnice trzpienia wahają się od 5 do 20 mm.

### Zyskaj spokój ducha w przypadku ważnych układów mechanicznych

Gdy Twoja wymagająca aplikacja przemysłowa potrzebuje niezawodnych i trwałych rolek prowadzących, nie można ryzykować awarii, przestoju z powodu niewspółosiowości lub czasochłonnego harmonogramu konserwacji. Opłaca się wybrać rozwiązanie, które może przejmować dodatkowe obciążenia osiowe, chronić przed zanieczyszczeniami i zapobiegać uszkodzeniu urządzenia z powodu nadmiernego ciepła — wszystko to związane jest z odpowiednią konserwacją i odpowiednim harmonogramem przeglądów.

Linia rolek prowadzących CF...WB.../SG od IKO z uszczelnkami ThrustDisk i systemem C-Lube sprawdza się we wszystkich tych aspektach, zapewniając spokój ducha, jak i pewność, że łożyska IKO będą działały niezawodnie we wszystkich ważnych układach mechanicznych. ■

# IKO

European Head Office:  
**Nippon Thompson Europe B.V.**  
 (Rotterdam, Netherlands)  
 tel.: +31 (0)10 462 6868  
 e-mail: nte@ikonet.co.jp

Poland:  
 tel.: +48 793 618 908  
 e-mail: l.ruminski@ikont.eu

[www.ikont.eu](http://www.ikont.eu)

reklama

# IKO



## Precyzyjne i trwałe łożyskowania ze stali nierdzewnej

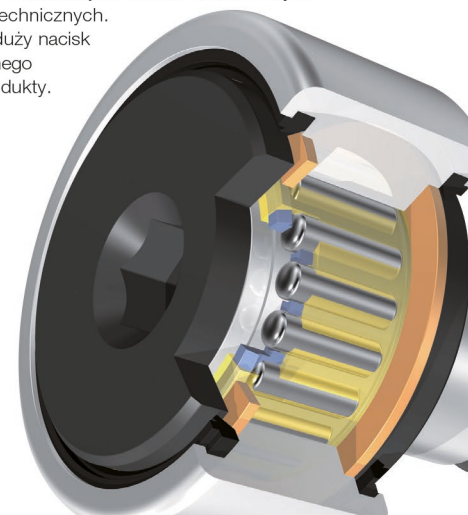
IKO NIPPON THOMPSON to japońska firma znana z rozwiązań technicznych dla przemysłu maszynowego, medycznego, spożywczego i robotyki przemysłowej. Większość produktów **IKO** charakteryzuje się wysoką odpornością na korozję spowodowaną wilgocią i zabrudzeniami. Nasze łożyska znane są z wysokiej niezawodności oraz wydłużonych okresów pomiędzy konserwacjami (nawet do 10 razy dłużej niż standardowe rozwiązania).

Technologię C-Lube firmy **IKO** można łączyć ze smarem spożywczym NSF H-1, aby zapewnić długotrwałą, bezobsługową pracę i zredukować do minimum kosztowne przestoje serwisowe.

Od momentu powstania firma zachowuje najwyższe światowe standardy zarówno w kontekście strategii działania, jak i tworzenia unikatowych i niezwykle trwałych rozwiązań technicznych.

Jednocześnie kładzie bardzo duży nacisk na ochronę środowiska naturalnego poprzez swoje innowacyjne produkty.

experts in  
**MOTION**  
[www.ikont.eu](http://www.ikont.eu)





# Pneumatyka i pomiary aż przez 4 dni!

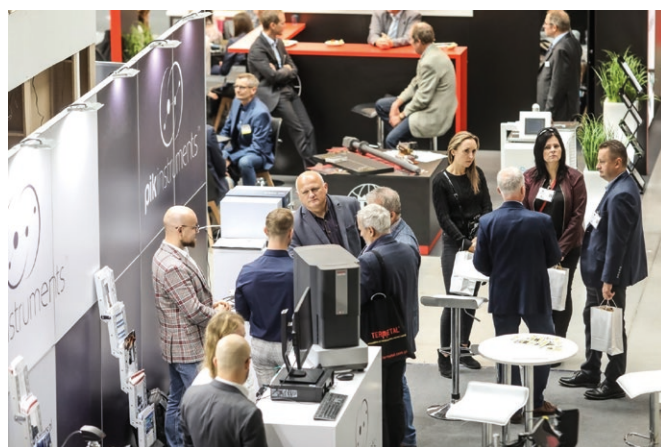
Przemysłowa Wiosna w Targach Kielce, której ważnymi elementami są Targi Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań KIELCE FLUID POWER oraz Targi Przemysłowej Techniki Pomiarowej CONTROL-STOM, zostaje wydłużona! Zapraszamy do Targów Kielce od 28 do 31 marca 2023 roku.

**T**radycyjnie przemysłowy cykl spod znaku STOM wraz z Targami CONTROL-STOM oraz KIELCE FLUID POWER odbędzie się wiosną. Wyjątkowo, na prośbę wystawców, potrwa nie trzy, ale cztery dni. Przemysłowa Wiosna 2022 zgromadziła 250 pracujących maszyn, wypełniła wszystkie 7 hal kieleckiego ośrodka, w których pojawiło się 500 wystawców. Imprezę odwiedziło ponad 10 000 zwiedzających profesjonalistów.

– Targi są fajne. Ruch jest spory. Maszyn, ludzi oraz ciekawych rozmów jest bardzo dużo, więc wydarzenie oceniam absolutnie na plus – tak udział firmy TECHNOLOGIONS w Targach CONTROL-STOM 2022 podsumowywał na gorąco przedstawiciel firmy, Waldemar Furman.

Podczas kolejnych Targów Przemysłowej Techniki Pomiarowej CONTROL-STOM, już w marcu 2023 roku w Targach Kielce prezentowane będą innowacyjne metody pomiarowe, aparatura do prób niszczących oraz oprzyrządowania analityczne. W halach wystawienniczych można będzie zobaczyć zarówno urządzenia do pomiarów wytrzymałości czy do określania innych wielkości fizycznych, jak również poznać systemy służące do przetwarzania obrazu. Nie dziwi fakt, że przez przedstawicieli branży wydarzenie to jest traktowane jako jedno z najważniejszych wydarzeń przemysłu pomiarowego w Europie Środkowo-Wschodniej.

Z kolei innowacyjne systemy pneumatyczne: silniki, siłowniki, zawory, przetworniki, sprężarki i przekładnie to część z produktów, które zostaną zaprezentowane podczas Targów Pneumatyki, Hydrauliki, Napędów i Sterowań KIELCE FLUID POWER.







Ale wystawy CONTROL-STOM oraz FLUID Power to nie tylko dynamiczna prezentacja urządzeń, to także merytoryczne spotkania. 29 marca 2023 r. odbędzie się seminarium metrologiczne organizowane przez Polską Unię Metrologiczną pt. „Nauka w biznesie – komercjalizacja wyników badań naukowych”. Będzie to już druga edycja organizowanego przez PUM seminarium w Kielcach.

Do udziału w seminarium zaproszeni zostali przedstawiciele różnych środowisk i dyscyplin naukowych oraz przedstawiciele

biznesu zainteresowani przedstawioną problematyką. Celem seminarium metrologicznego jest wymiana poglądów i doświadczeń oraz nawiązywanie współpracy i budowanie relacji między nauką i biznesem w obszarze metrologii. ■

Więcej informacji na:

<https://www.targikielce.pl/przemyslowa-wiosna/control-stom>

Zapraszamy na Przemysłową Wiosnę do Targów Kielce!

reklama

**28-31.03.2023**  
Kielce

**Targi Kielce** 30<sup>LETNICA</sup>  
exhibition & congress centre



**CONTROLSTOM**

XXXII Targi Przemysłowej Techniki  
Pomiarowej



**KIELCE FLUID POWER**

XVI Targi Pneumatyki, Hydrauliki,  
Napędów i Sterowań



[control-stom.targikielce.pl](https://control-stom.targikielce.pl)  
[targikielce.pl/przemyslowa-wiosna/fluid-power](https://targikielce.pl/przemyslowa-wiosna/fluid-power)

**4 dni**  
intensywnych spotkań!





# Europejskie spotkanie przemysłu metalowego, poddostawczego i narzędziowego

W dniach od 7 do 10 marca 2023 roku w Lipsku odbędzie się pierwsze w tym roku spotkanie przedstawicieli przemysłu maszynowego, poddostawczego i narzędziowego. Trio targowe – Międzynarodowe Targi Obrabiarek, Technologii i Automatyzacji Produkcji Intec, Międzynarodowe Targi Poddostawców Zuliefermesse oraz Międzynarodowe Targi Szlifowania i Ostrzenia Narzędzi GrindTec – będzie okazją do poznania aktualnej oferty maszyn, obrabiarek i innowacyjnych technologii produkcyjnych, a także ofert poddostawców dla przemysłu i firm z branży narzędzi skrawających. W ramach towarzyszącego targom programu konferencji odbędą się sympozja, warsztaty oraz fora technologiczne, poruszające tematykę innowacyjnych rozwiązań i technologii kluczowych dla rozwoju branży.

Targi Intec, Z i GrindTec odbywają się w Saksonii – regionie, w którym dominuje przemysł przetwórczy, przemysł budowy maszyn i urządzeń oraz przemysł motoryzacyjny. Do grona wystawców należą zarówno liderzy z branży, jak i małe i średnie przedsiębiorstwa z całej Europy. Celem targów jest stworzenie efektywnej platformy do nawiązywania nowych kontaktów kooperacyjnych i międzynarodowej współpracy gospodarczej, a także do intensywnej wymiany informacji biznesowych i *know-how*. Co dwa lata targi Intec, Z i GrindTec stanowią pierwsze najważniejsze spotkanie przedstawicieli branży z całej Europy.

## Program targów

Targom towarzyszyć będzie bogaty program wydarzeń równoległych, informujący o nowych technologiach i kierunkach rozwoju branży przemysłowej. W ramach pokazu specjalnego i forum specjalistycznego pod hasłem „Produkcja addytywna – ewolucja nowoczesnej technologii” eksperci przybliżą dynamiczny proces integracji produkcji addytywnej z produkcją



przemysłową. Natomiast podczas pokazu specjalnego i forum specjalistycznego pod tytułem „Sensoryka – zastosowanie i perspektywy w produkcji” główna uwaga skupiona będzie m.in. na wymaganiach, jak i na nowych koncepcjach dotyczących kluczowej technologii czujników w sprawdzonych i dalej rozwijanych metodach produkcji. Podczas trio targowego poruszony zostanie także temat zorientowanej na przyszłość technologii „Fuel Cell Hub – wartość dodana dzięki wodorowi”. Na specjalnie przygotowanym specjalistycznym stoisku możliwa będzie wzajemna wymiana pomysłów na temat konkretnych zastosowań ogniwa paliwowych.

## Źródłem informacji o nowych technologiach będą fora technologiczne i pokazy specjalne:

- Produkcja addytywna – ewolucja nowoczesnej technologii;
- Sensoryka – zastosowanie i perspektywy w produkcji;
- Fuel Cell Hub – przyszłość wodoru.





### **Międzynarodowa Giełda Kooperacji CONTACT Business Meetings**

Wystawcy i odwiedzający z Polski mają możliwość bezpłatnego udziału w towarzyszącej targom **Międzynarodowej Giełdzie Kooperacji CONTACT Business Meetings**, organizowanej przez Izbę Przemysłowo-Handlową w Lipsku w ramach sieci Enterprise European Network.

Do grona uczestników należą firmy oferujące nowe technologie, innowacyjne rozwiązania, a także poszukujące potencjalnych partnerów do kooperacji oraz do realizacji wspólnych projektów. Udział w giełdzie to doskonała szansa na nawiązanie nowych kontaktów biznesowych w całej Europie.

Podczas tegorocznej edycji targów giełda odbywać się będzie w dniu 8 marca 2023 roku, a udział w niej można zgłosić do dnia 15 lutego 2023 roku, uzupełniając online formularz profilu firmy.

Do wejścia na wszystkie trzy imprezy targowe upoważnia jeden bilet wstępu, który można nabyć online na poniżej podanych stronach internetowych targów.

Więcej informacji o targach i możliwościach obecności polskich firm udziela przedstawicielstwo Leipziger Messe w Polsce, Targi Lipskie Polska Sp. z o.o., [info@targilipskie.pl](mailto:info@targilipskie.pl).

Więcej informacji znajduje się na:  
[www.messe-intec.de](http://www.messe-intec.de)  
[www.zuliefermesse.de](http://www.zuliefermesse.de)  
[www.grindtec-leipzig.de](http://www.grindtec-leipzig.de)

reklama



**Bilety wstępu dostępne online!**

**07-10.03.2023**

**intec** **Z**ULIEFER  
MESSE

**Grind  
Tec**

**Międzynarodowe  
trio targowe**

Intec – Międzynarodowe Targi Obrabiarek,  
Technologii i Automatykacji Produkcji  
[www.messe-intec.de/en](http://www.messe-intec.de/en)

Z – Międzynarodowe Targi Poddostawców:  
Części, Komponenty, Moduły, Technologie  
[www.zuliefermesse.de/en](http://www.zuliefermesse.de/en)

GrindTec – Międzynarodowe Targi Szlifowania  
i Ostrzenia Narzędzi  
[www.grindtec.de/en](http://www.grindtec.de/en)



# XXXII SZKOŁA EKSPLOATACJI PODZIEMNEJ 2023

Ryszard Klencz

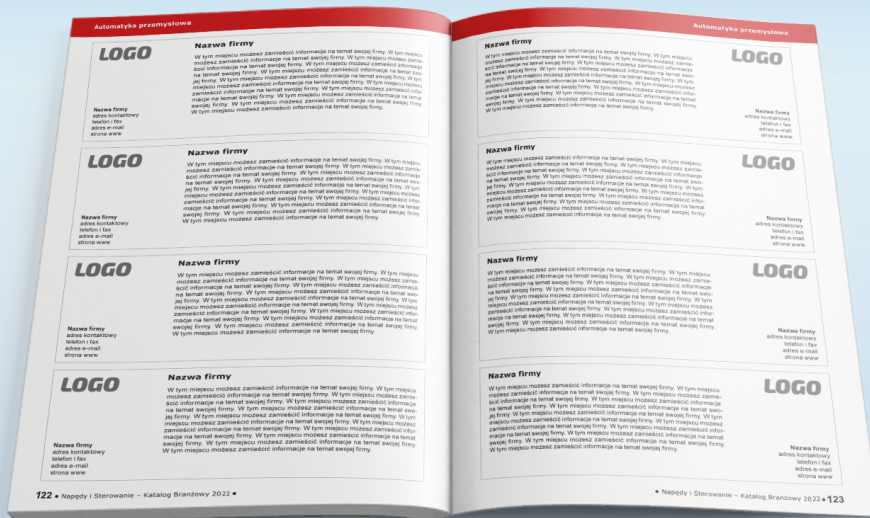
Przed nami trzydzieste drugie spotkanie Szkoły Eksploatacji Podziemnej w Krakowie w dniach 27.02.–1.03.2023 r. To też czas nowych wyzwań związanych z agresją Rosji i wojną na Ukrainie. Jak podaje Bloomberg, międzynarodowa agencja informacyjna, wojna ta nabrała wymiaru terrorystycznego. Jest obliczona na wyniszczenie gospodarki i zniszczenie infrastruktury. Wydarzenia te mają też wpływ na funkcjonowanie naszej gospodarki, która w związku z tym ponosi duże koszty, biorąc pod uwagę nośniki energii i ciepła. Uruchomienie dodatkowego wydobywania w skali kilku milionów ton to prawdziwe wyzwanie ze względu na konieczność przygotowania ścian do wydobywania. Szkoła Eksploatacji Podziemnej zawsze reaguje na zmieniające się warunki. Możemy być pewni, że teraz będzie podobnie. Jesteśmy w trakcie transformacji energetycznej. W ciągu ostatnich lat udział zainstalowanej mocy z odnawialnych źródeł energii w polskim miksie energetycznym dynamicznie rośnie, węgiel jednak dominuje w produkcji energii. Sytuacja ta pokazuje wyraźnie, że potrzebna jest stabilna alternatywa dla obecnej struktury miksu energetycznego, który nie spełnia zakładanych wcześniej założeń. Po rosyjskiej inwazji na Ukrainę ceny surowców energetycznych wystrzeliły w górę, a niemal cały Zachód zadeklarował stopniowe odchodzenie od rosyjskich surowców, aby nie wspierać agresora. Polski rząd ogłosił odejście od rosyjskiego węgla oraz ropy naftowej. Problem w tym, że nie było wcześniej przygotowanej alternatywy dla tych surowców. Zmniejszyła się również presja UE, bo wszyscy stanęli przed tym problemem. Wynika to z pilnej potrzeby znalezienia alternatywnych dostawców gazu i ropy naftowej. Deklaracje krajów Unii Europejskiej pokazują

prawdopodobny trend na najbliższe lata, który zakłada odcinanie Rosji od jej najbardziej znaczących wpływów. Jednak w energetyce surowce rosyjskie trudno jest wyeliminować w całości w perspektywie krótkoterminowej. Dodatkowo pojawiła się realna groźba przerwania dostaw ze Wschodu, co wymaga rewizji planów energetycznych, aby zapobiec jeszcze większemu kryzysowi. Innym rozwiązaniem, które może zostać wzięte pod uwagę, jest powrót do węgla. Jednak spalanie większej ilości węgla nie pomoże w osiągnięciu celów klimatycznych, które zakładają odejście od węgla wg ustalonego harmonogramu. Inną możliwością jest strategiczne zwiększenie współpracy z ukraińskim systemem elektroenergetycznym, który od nieco ponad miesiąca jest zsynchronizowany z siecią UE. Dobrym pomysłem wydaje się zwiększenie ilości importowanej energii elektrycznej do Polski. Pozwoliłoby to na wsparcie producentów energii w pogrążonej w kryzysie Ukrainie oraz zapewnienie czystej energii dla polskich odbiorców. W związku z pracą synchroniczną systemu ukraińskiego z systemem UE plan ten jest łatwiejszy do zrealizowania niż przed inwazją. Pytanie zasadnicze, czy będzie działała ukraińska energetyka? Jak będzie wyglądał sektor jądrowy? Jaki jest plan linii przesyłowych i eksport do UE? W związku z transformacją energetyczną rozwijamy magazyny energii, które ułatwią to zadanie. Działania podjęte przez ITG KOMAG mają na celu wykorzystanie likwidowanych kopalń. To innowacyjne rozwiązanie może sporo wnieść w realizację transformacji energetycznej. Nowoczesna gospodarka opiera się na cyberbezpieczeństwie – to ważny temat, który będzie przedmiotem wielu dyskusji. Tematy omawiane w Szkole Eksploatacji Podziemnej niewątpliwie



zwrócić uwagę firm z sektora automatyki, które mogą mieć swój udział w realizacji planów firm wydobywczych. ■

 Ryszard Klencz



- ◀ Aparatura kontrolno-pomiarowa
- ◀ Automatyka przemysłowa
- ◀ CAD/CAM/CAE
- ◀ Elementy i systemy hydrauliczne
- ◀ Elementy i systemy pneumatyczne
- ◀ Energoelektronika
- ◀ Napędy
- ◀ Oleje przemysłowe
- ◀ Oprogramowanie
- ◀ Robotyka
- ◀ Systemy zasilające
- ◀ Utrzymanie ruchu

Płacisz raz,  
promujesz się  
cały rok

# NAPĘDY I STEROWANIE – KATALOG BRANŻOWY 2023

WYDANIE DZIEWIĘTNASTE



Więcej informacji: [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

**napędy** miesięcznik  
i sterowanie naukowo-  
techniczny



# Nowe dotacje unijne dla firm w 2023

Anna Szymczak

Na przełomie pierwszego i drugiego kwartału zapowiadane są pierwsze nabory wniosków o dotacje ze środków unijnych. Jeszcze żadnej perspektywie unijnej nie towarzyszyło tyle emocji, co tej najnowszej, czyli obejmującej lata 2021–2027. Tempo prac nad nowymi warunkami i programami zdecydowanie przyspieszyło. Na co mogą liczyć polskie firmy w najbliższym czasie, na jakie wsparcie?

Siedemnastego stycznia 2023 roku Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej opublikowało Szczegółowy Opis Priorytetów programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021–2027, czyli najważniejszego programu wspierającego przedsiębiorczość w Polsce.

Cały program podzielony jest na cztery priorytety, w ramach których wspierane będą różne przedsięwzięcia:

- Priorytet FENG.01 Wsparcie dla przedsiębiorców – dla przedsiębiorców 4,36 mld EUR;
- Priorytet FENG.02 Środowisko sprzyjające innowacjom – środowisko sprzyjające innowacjom 2,65 mld EUR;
- Priorytet FENG.03 Zazielenienie przedsiębiorstw – 800 mln EUR;
- Priorytet FENG.04 Pomoc techniczna – 160 mln EUR.

W ramach **Priorytetu I** wprowadzona będzie tzw. **Ścieżka Smart**. To nowość w stosunku do dotychczasowych programów, czyli możliwość łączenia różnych przedsięwzięć w ramach jednego wniosku o dotację. Do wyboru są to tzw. moduły tematyczne:

- Infrastruktura;
- B+R;
- Wdrożenie innowacji;
- Cyfryzacja;
- Zazielenienie przedsiębiorstw;
- Internacjonalizacja;
- Kompetencje.



Dotychczas przedsiębiorca osobno składał wniosek o dotację na projekt badawczy (np. opracowanie nowej technologii) i po zakończeniu badań nowy wniosek o dotację na inwestycje związane z wdrożeniem, np. zakupy inwestycyjne, oraz osobny wniosek na promocję przez udział w targach branżowych.

W nowym programie FENG przewiduje się złożenie tylko jednego wniosku o dotację na te wszystkie komponenty rozwojowe i to do jednej instytucji – Polskiej Agencji Rozwoju Przedsiębiorczości (w przypadku sektora MSP – małych i średnich przedsiębiorstw) lub Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (w przypadku dużych firm).

reklama



Preferujesz internet?

Wypromuj się na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

Natomiast w ramach **Priorytetu II** zaplanowane są aktualnie aż 32 różne programy, w tym np. cyfryzacja czy kredyt technologiczny – aktualnie intensywnie promowany przez sektor bankowy.

Założenia **Kredytu Technologicznego** są zbieżne z dotychczasowymi edycjami programu – celem jest stymulowanie konkurencyjności MŚP przez wspieranie wdrożeń, własnych lub nabywanych nowych technologii w postaci prawa własności przemysłowej lub wyników prac rozwojowych, lub wyników badań przemysłowych, lub nieopatentowanej wiedzy technicznej. Dotacja jest przeznaczona na spłatę kredytu technologicznego na inwestycję udzielonego przez bank kredytujący. Dotacja może wynosić do 70% (w zależności od wielkości firmy oraz lokalizacji inwestycji).

Kosztami w ramach kredytu technologicznego mogą być wydatki:

- zakup lub wytworzenie środków trwałych, w tym koszty transportu, montażu i uruchomienia;
- zakup nieruchomości zabudowanych i niezabudowanych;
- zakup robót i materiałów budowlanych w celu budowy, rozbudowy, adaptacji budynków, budowli lub ich części;
- zakup wartości niematerialnych i prawnych;
- koszty związane z najmem lub dzierżawą gruntów, budynków i budowli lub ich części;
- wydatki ponoszone na usługi doradcze;
- koszty uzyskiwania patentów.

W ramach **Priorytetu III** jednym z najbardziej wyczekiwanym nowych programów jest **Kredyt ekologiczny** zaplanowany na II kwartał 2023 roku. Program ma zapewnić wsparcie przedsiębiorstw poprzez finansowanie inwestycji mających na celu zwiększenie efektywności energetycznej poprzez modernizację infrastruktury. Grupą docelową są:

- mikro, małe i średnie przedsiębiorstwa;
- *mid caps* (do 3000 pracowników).

W ramach tego kredytu wsparciem będzie dotacja przeznaczona na spłatę kredytu ekologicznego udzielonego przez bank kredytujący (podobnie jak w **Kredycie technologicznym**).

Projekt zakłada modernizację dotychczasowej infrastruktury w celu zwiększenia energooszczędności procesów w przedsiębiorstwie, polegającą na modernizacji linii technologicznych, budynków, budowli.

Zakres inwestycji powinien wynikać z audytu efektywności energetycznej. Wg założeń programu – warunkiem dostępu będzie próg „30%”, tj. projekt będzie musiał cechować się minimalnym 30% progiem oszczędności energii pierwotnej.

Poziom dotacji będzie wynosił – jak dla Kredytu technologicznego – do 70%.

Kosztami w ramach projektu będą mogły być:

- zakup lub wytworzenie środków trwałych, w tym koszty transportu, montażu i uruchomienia;
- zakup robót i materiałów budowlanych w celu modernizacji, adaptacji budynków, budowli lub ich części w celu poprawy efektywności energetycznej;
- zakup wartości niematerialnych i prawnych;
- wydatki ponoszone na usługi doradcze;
- zakup, instalacja i uruchomienie.

W uwagi na drastyczny wzrost cen energii to narzędzie wsparcia stało się bardzo wyczekiwanym na rynku.

**Priorytet IV** to pomoc techniczna, czyli środki na administrację związaną z wdrażaniem dotacji.

**Zapisy nowych programów bazują na dotychczasowych doświadczeniach we wdrażaniu funduszy unijnych. Udogodnienia wydają się interesujące i powinny być pozytywnie przyjęte przez polskich przedsiębiorców, a jak to będzie faktycznie – czas pokaże. Na razie pozostaje nam śledzić nowe komunikaty z tematyki dotacyjnej i wyczekiwać na nowe harmonogramy naborów, jak i nabory wniosków.** ■


Anna Szymczak

a.szymczak@ms-consulting.pl

Specjalista ds. Finansowania Inwestycji

MS-Consulting Poznań

reklama



zrobotyzowany.pl

Przemysł  
ZROBOTYZOWANY  
www.zrobotyzowany.pl



# LEMoK – silnik o dużej gęstości mocy

Tomasz Wolnik

## 1. Wstęp

W innowacyjnych projektach i rozwiązaniach w branży lotniczej, e-mobility czy np. przemysłu nautycznego, w których zastosowanie mają znaleźć silniki elektryczne, szczególną uwagę zwraca się na odpowiednio wysoki stosunek mocy do masy silnika, wyrażany poprzez tzw. współczynnik gęstości mocy  $\xi$  [1–3]. Współczynnik ten odnosić można zarówno do mocy ciągłej, jak i do mocy maksymalnej silnika, na co należy zwracać uwagę podczas porównywania dostępnych na rynku rozwiązań. W niniejszym artykule zaprezentowano rozwiązania silników opracowanych w Instytucie Łukasiewicz – KOMEL, funkcjonujących pod nazwą LEMoK. Są to silniki o strumieniu promieniowym (ang. *Radial Flux*) z wirnikiem zewnętrznym. Obecnie prace nad rozwojem istniejących i opracowaniem nowych konstrukcji w typoszeregu prowadzone są w ramach projektu LIDER/31/0169/L-12/20/NCBR/2021, finansowanego przez NCBR. Przedstawione w publikacji rozwiązanie silnika cechuje się mocą ciągłą 37 kW dla prędkości 5400 rpm i masą silnika 9,5 kg, co pozwala na uzyskanie współczynnika gęstości mocy  $\xi = 3,89$  kW/kg (dla mocy ciągłej). Moc maksymalna silnika wynosi 79 kW, a współczynnik gęstości mocy w odniesieniu do mocy chwilowej wynosi  $\xi = 8,31$  kW/kg. Takie parametry silnika są mocno konkurencyjne w stosunku do dostępnych na rynkach zagranicznych rozwiązań o podobnej wielkości mechanicznej, ale wykonywanych zazwyczaj w technologii silników o strumieniu osiowym (ang. *Axial Flux*).

## 2. LEMoK – logo

Jak wspomniano we wprowadzeniu, opracowane rozwiązanie funkcjonuje pod nazwą LEMoK, w rozwinięciu oznaczającą w języku angielskim: *Light E-Motor of KOMEL*. Nazwa ta została zgłoszona do Urzędu Patentowego RP jako znak towarowy. Na rysunku 1 przedstawiono opracowane i zastrzeżone logo.



## 3. LEMoK 200

LEMoK 200 to silnik PMSM z magnesami trwałymi z wirnikiem zewnętrznym. Silnik chłodzony jest cieczą i zasilany poprzez falownik z napięcia DC. Prace B+R nad rozwiązaniem konstrukcyjnym silnika trwają w Instytucie

**Streszczenie:** Obecnie w wielu innowacyjnych projektach i rozwiązaniach zainteresowanych wykorzystaniem do napędów silników elektrycznych, szczególną uwagę zwraca się na odpowiednio wysoki stosunek mocy do masy silnika, wyrażony poprzez tzw. współczynnik gęstości mocy  $\xi$ . W szczególnym stopniu dotyczy to takich aplikacji, jak lotnictwo, e-mobility czy przemysł nautyczny. W niniejszym artykule przedstawiono rozwiązanie silników opracowanych w Instytucie Łukasiewicz – KOMEL, funkcjonujących pod nazwą LEMoK. Przedstawione w publikacji rozwiązanie cechuje się mocą ciągłą 37 kW dla prędkości 5400 rpm i masą silnika 9,5 kg, co pozwala na uzyskanie współczynnika gęstości mocy  $\xi = 3,9$  kW/kg (dla mocy ciągłej). Moc maksymalna silnika wynosi 79 kW.

Słowa kluczowe: silniki o dużej gęstości mocy, silniki z magnesami trwałymi

## LEMoK – HIGH POWER DENSITY MOTOR

**Abstract:** Currently, in many innovative projects and solutions interested in the use of electric motors, special attention is paid to the appropriately high power-to-weight ratio of the motor, expressed by the so-called power density factor  $\xi$ . This applies in particular to applications such as aviation, e-mobility or the nautical industry. This article presents motor solutions developed at the Łukasiewicz – KOMEL Institute, operating under the name LEMoK. The solution presented in the publication is characterized by a continuous power of 37 kW for 5400 rpm and motor weight of 9,5 kg, which allows for a power density factor of  $\xi = 3,9$  kW/kg (for continuous power). The maximum motor power is 79 kW.

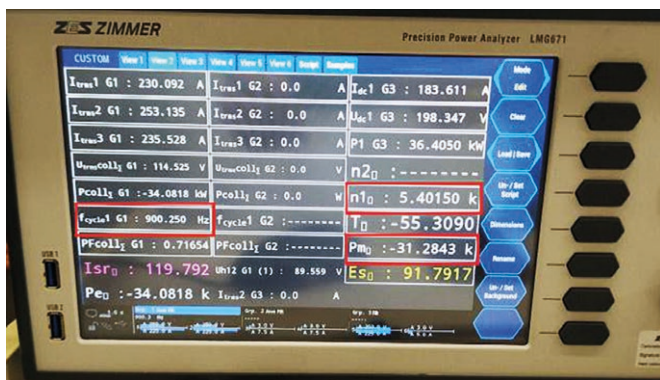
Keywords: high power density motor, permanent magnet motors.

Łukasiewicz – KOMEL od kilku lat. Pierwszym opracowanym i przebadanym laboratoryjnie rozwiązaniem był silnik przedstawiony na rysunku 2. Silnik podlegał kilku modyfikacjom, a ostateczne parametry eksploatacyjne uzyskane z badań przedstawiono w tabelach 1 i 2 oraz na rysunku 3.

W ramach projektu LIDER opracowana została zmodyfikowana wersja silnika LEMoK 200, której model 3D przedstawiono na rysunku 4. W stosunku do wersji pierwotnej zmodyfikowano układ łożyskowania oraz obudowy silnika, co pozwoliło na zmniejszenie masy o 1 kg (ok. 10%). Ponadto zmodyfikowano konstrukcję obwodu elektromagnetycznego



Rys. 2. Pierwszy silnik modelowy LEMoK 200



Rys. 3. Rejestracja parametrów nominalnych silnika modelowego LEMoK 200

Tabela 1. Parametry eksploatacyjne pierwszego silnika modelowego LEMoK 200

Parametr	Jedn.	Wartość
Moc ciągła	kW	31
Prędkość nominalna	rpm	5400
Moment ciągły	Nm	55
Prędkość maksymalna	rpm	6000
Moment maksymalny	Nm	115
Masa silnika	kg	10.5
Liczba biegunów	-	20
$\xi$ - dla mocy ciągłej	kW/kg	2.95

Tabela 2. Parametry silnika modelowego oraz temperatura stojana i wirnika w funkcji prędkości obrotowej dla znamionowej wartości prądu

n	f	$P_m$	$T_m$	$T_{stojan}$	$T_{wirnik}$
rpm	Hz	kW	Nm	°C	°C
600	100	3.8	60.9	86	42
1200	200	7.6	60.0	92	54
1800	300	11.1	58.8	99	67
2400	400	14.6	58.2	104	74
3000	500	18.1	57.6	111	80
3600	600	21.6	57.3	118	87
4200	700	24.9	56.5	122	88
4800	800	27.8	55.4	125	93
5400	900	31,0	54,8	126	95

reklama

# NOWIMEX®

**NOWIMEX** doradza w doborze i dostarcza produkty renomowanych firm z branży automatyki i elektromechaniki przemysłowej:

**VAHLE** – Systemy zasilania ruchomych odbiorników prądu.

**SCHLEGEL** – Tablicowy osprzęt sterowniczo-sygnalizacyjny.

**LEAB** – Systemy zasilania pojazdów ratowniczych, pożarniczych i medycznych w prąd i sprężone powietrze.

**TEXELCO** – Sygnalizatory świetlne i dźwiękowe.

**HUGRO** – Dławice do kabli.

**BREVETTI** – Tworzywowe i stalowe przewodniki kabli.

**CATTRON** – Przemysłowe systemy zdalnego sterowania radiowego.

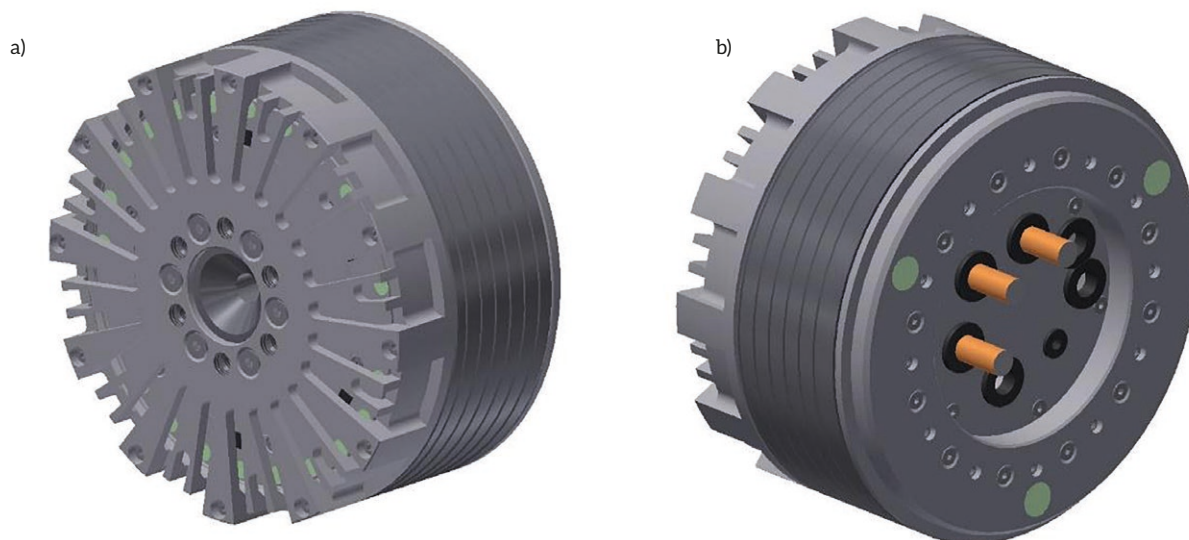
**MICRO DETECTORS** – Szeroka gama czujników.

**MARECHAL** – Wtykowe złącza przemysłowe i dekontaktry (z wbudowaną funkcją rozłączeniową).

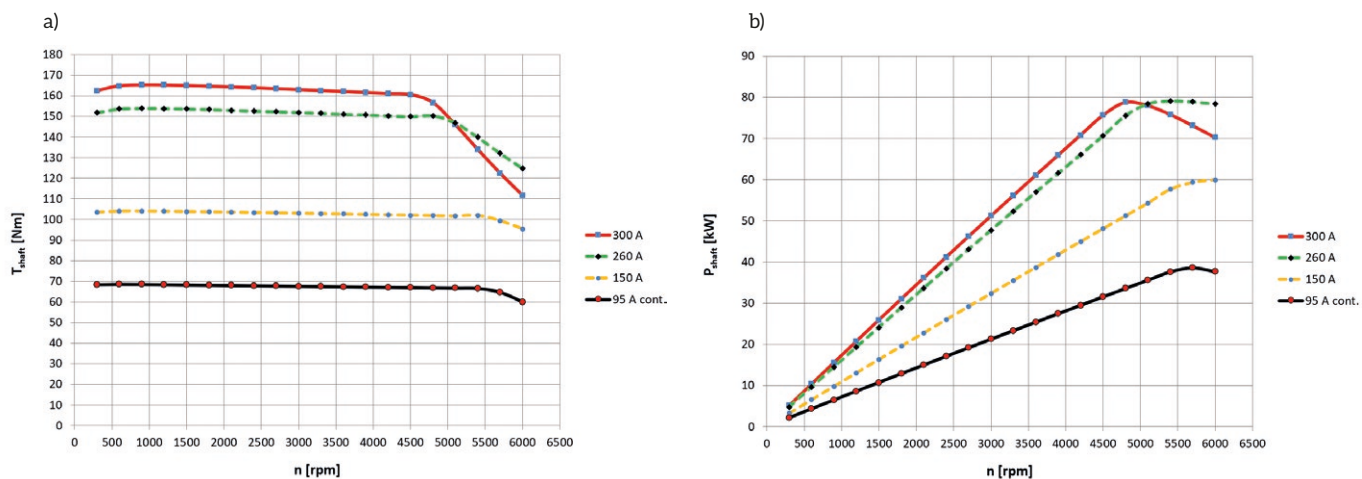
www.nowimex.com.pl  
info@nowimex.com.pl



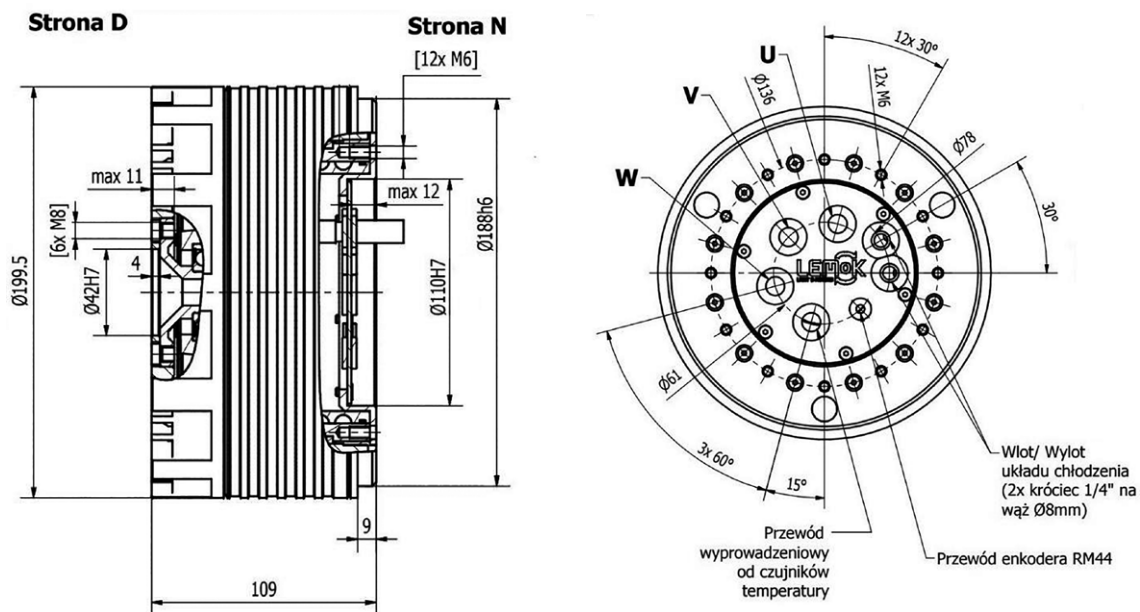




Rys. 4. Modele 3D nowej wersji LEMoK 200: a) widok strony napędowej; b) widok od strony wyprowadzenia przewodów



Rys. 5. Charakterystyki eksploatacyjne silnika LEMoK 200: a) charakterystyka momentu; b) charakterystyka mocy



Rys. 6. Wymiary gabarytowe silnika LEMoK 200

**Tabela 3.** Parametry LEMoK 200 po modyfikacjach

Parametr	Jedn.	Wartość
Moc ciągła	kW	37
Prędkość nominalna	rpm	5400
Prędkość maksymalna	rpm	6000
Moment ciągły	Nm	65.4
Moment maksymalny	Nm	165
Moc maksymalna	Kg	79
Masa silnika	kg	9.5
$\xi$ - dla mocy ciągłej	kW/kg	3.89
$\xi$ - dla mocy max.	kW/kg	8.31

oraz układu chłodzenia, co pozwoliło na zwiększenie mocy maksymalnej silnika z 31 kW do 37 kW (ok. 20%). Szczegółowe parametry zmodyfikowanego silnika LEMoK 200 przedstawiono w tabeli 3. Podane wartości parametrów są na tym etapie wartościami obliczeniowymi. Model rzeczywisty silnika jest obecnie wykonywany w ramach etapu 1 projektu.

Na rysunku 5 przedstawiono podstawowe charakterystyki eksploatacyjne zmodyfikowanej wersji silnika LEMoK 200, natomiast na rysunku 6 przedstawiono jego wymiary gabarytowe.

#### 4. LEMoK - perspektywy

Dalsze prace badawcze nad rozwojem silników LEMoK będą dotyczyły opracowania typoszeregu silników o większych gabarytach i mocach znamionowych. Przewiduje się opracowanie silnika LEMoK 250 (60 kW) oraz LEMoK 300 (80 kW).

#### Literatura


- [1] WOLNIK T., STYSKAŁA V., MŁCAK T.: *Study on the Selection of the Number of Magnetic Poles and the Slot-Pole Combinations in Fractional Slot PMSM Motor with a High Power Density*. *Energies* 2022, 15, 215. <https://doi.org/10.3390/en15010215>.
- [2] WOLNIK T., DUKALSKI P., BĘDKOWSKI B., JAREK T.: *Selected aspects of designing*

*motor for direct vehicle wheel drive*. „Przegląd Elektrotechniczny” („Electrical Review”) 2020, R.96., pp.150–153.

- [3] WOLNIK T., STYSKAŁA V., HRBAC R., LYASCHENKO A.M.: *The Problem of Rotor Eddy-Current Losses in A Permanent Magnet Motor with High Power Density*. In Proceedings of the International Conference on Intelligent Information Technologies for Industry IITI2021, Sochi, Russia, 30 September – 4 October 2021; pp. 501–512 (2021), DOI: 10.1007/978-3-030-87178-9\_50.

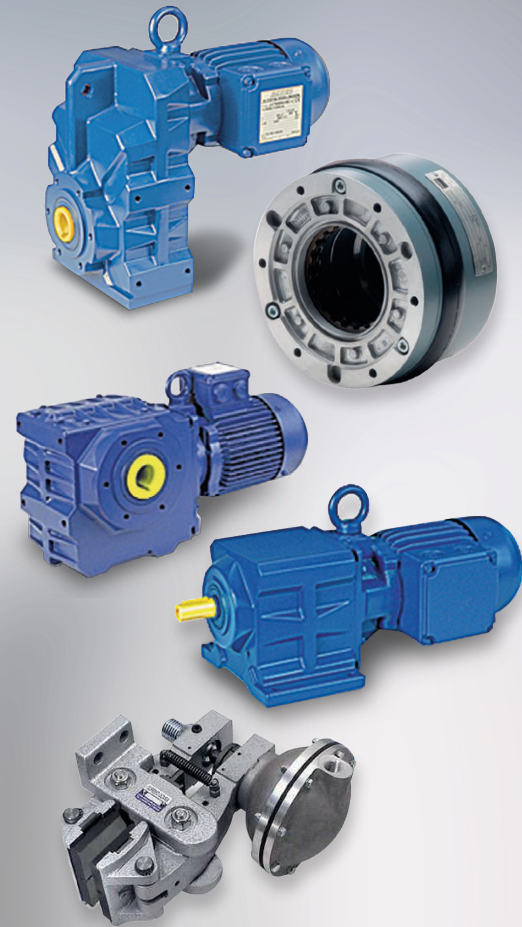
Praca finansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju, powstała w ramach realizacji projektu LIDER/31/0169/L-12/20/NCBR/2021.

Artykuł został opublikowany w „Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe 2022”

 dr inż. Tomasz Wolnik  
 Sieć Badawcza Łukasiewicz –  
 Instytut Napędów i Maszyn  
 Elektrycznych KOMEL

artykuł recenzowany

# Razem możemy osiągnąć więcej!



**Oferujemy sprzedaż oraz serwis dla:**

- Motoreduktorów
- Silników elektrycznych i przekładni
- Elektrobębnow
- Sprzęgieł i hamulców

**Nowość w ofercie**

- POMIARY WIBROAKUSTYCZNE
- POMIARY TERMOWIZYJNE
- POMIARY OCHRONNE

 **Bauer**  
 Gear Motor

**FLENDER**  
 A Siemens Company

 **MAGNET SERVICE**  
**BINDER**  
 Power Technology

 **COREMO**  
 OCMEA S.p.A.

**STEINLEN Polska Sp. z o.o.**  
 ul. W. Grabskiego 4/8, 63-500 Ostrzeszów  
 tel. 62 732 23 50 lub 52, fax 62 732 23 51  
[www.steinlenpolska.pl](http://www.steinlenpolska.pl)



# Problemy określania kosztów i efektów w działalności gospodarczej

Jan Górzyński

**K**oszty i efekty związane z działaniami modernizacyjnymi stanowią podstawowy element poszukiwania właściwego rozwiązania planowanych do wprowadzenia przedsięwzięć mających wpływ na zmniejszenie zużycia energii i kosztów tej energii. W tym celu może okazać się użyteczne wyjaśnienie, jakie czynniki powinny być uwzględnione, aby urealnić koszty mające związek z realizacją przedsięwzięć, w szczególności koszty szkód ekologicznych powodowanych w środowisku naturalnym.

Koszty środowiskowe praktycznie do końca XX wieku nie były uwzględniane w kosztach rynkowych wytwarzanych wyrobów i usług. Zasoby środowiska można było dowolnie bezpłatnie wykorzystywać, a do środowiska odprowadzać powstające w działalności zanieczyszczenia i odpady, mające wpływ na pogorszenie jego właściwości użytkowych. Ten sposób gospodarowania spowodował obecny stan środowiska wykazujący cechy znacznej degradacji, a niekiedy nawet dewastacji.

## 1. Uogólnione koszty i efekty społeczne

Ocena efektywności ekonomicznej określonej działalności gospodarczej wymaga ustalenia kosztów ponoszonych na realizowane przedsięwzięcie gospodarcze zarówno podczas jego realizacji, jak i w okresie funkcjonowania.

Przejrzystą wykładnię kosztów i efektów społecznych w przedsięwzięciach gospodarczych podał Bojarski [7]. Według [7] „koszt społeczny danego przedsięwzięcia obejmuje całość nakładów społecznych i zużywanych zasobów, które są ponoszone na jego realizację i nie mogą przyczynić się już w inny sposób do utrzymania i wzrostu poziomu i jakości życia. Składnikiem kosztu społecznego jest każde aktualne

lub przyszłe obniżenie poziomu czynników jakości życia. W tym znaczeniu kosztem społecznym jest każde wydatkowanie walorów finansowych lub wytworów działalności, zmniejszenie zasobów naturalnych lub degradacja środowiska, które:

- zmniejsza zakres realizacji innej społecznie potrzebnej działalności produkcyjnej, usługowej, naukowej, kulturalnej lub wypoczynkowo-rozrywkowej;
- zmniejsza bezpośrednio poziom społecznej konsumpcji dóbr materialnych lub usług, pogarsza warunki mieszkaniowe, ogranicza lub utrudnia korzystanie z zasobów naturalnych, walorów środowiska, dóbr kulturalnych, wypoczynku, rozrywki;
- utrudnia dalszy rozwój społeczno-kulturalny i techniczno-gospodarczy”.

Efekt społeczny według [7] jest przeciwieństwem kosztu społecznego, czyli jest nim każde wzbogacenie jakości życia społeczeństwa. W tym rozumieniu „efektem społecznym jest każde pozyskanie społecznie przydatnych wytworów pracy lub walorów finansowych, zwiększenie będących do dyspozycji walorów finansowych, zwiększenie będących do dyspozycji zasobów naturalnych lub rekultywacja środowiska, które:

- zwiększa zakres realizacji społecznie potrzebnej działalności produkcyjnej, usługowej, naukowej, kulturalnej lub wypoczynkowo-rozrywkowej;
- zwiększa bezpośrednio poziom konsumpcji dóbr społecznych, poprawia warunki mieszkaniowe, poszerza lub ułatwia korzystanie z zasobów naturalnych, walorów środowiska, dóbr kultury, wypoczynku i rozrywki;
- ułatwia i poszerza możliwości dalszego rozwoju społeczno-kulturalnego i techniczno-gospodarczego”.

Składniki rodzajowe kosztu społecznego występujące pomiędzy

zainteresowanymi podmiotami [7] dzieli się na dwie grupy:

- koszty rozliczane finansowo;
- koszty nierozliczane finansowo.

Istotną sprawą według [7] związaną z oceną przedsięwzięć gospodarczych jest problem czynników trudno wymierzalnych, w odniesieniu do których niezbędne jest wymierne wartościowanie wszystkich składników kosztów i efektów. W ocenach efektywności przedsięwzięć gospodarczych można wyróżnić następujące „trudno wymierne czynniki:

- straty dotyczące zdrowia i życia ludzkiego powstające w wyniku nieszczęśliwych wypadków;
- straty dotyczące różnych zasobów naturalnych;
- szkody związane z bezpowrotnym poborem wody, zajęciem terenu oraz ograniczeniem sposobu użytkowania terenu;
- szkody wynikłe z degradacji materiałów i budowli;
- szkody górnicze w uzbrojeniu i zabudowie terenu;
- szkody związane ze zniszczeniem terenów zielonych;
- szkody wynikające ze zmniejszenia zbiorów, połowów, hodowli;
- szkody związane z zanieczyszczeniem powietrza, hałasem;
- szkody związane z podgrzaniem i zanieczyszczeniem wody;
- szkody związane z degradacją środowiska przyrodniczego, oszpeceniem krajobrazu i utratą wartości rekreacyjnych terenów;
- szkody związane z prowadzeniem robót drogowych i związanych z tym utrudnień komunikacyjnych;
- szkody spowodowane zawodnym działaniem różnych systemów: energetycznego, wodnego, komunikacyjnego, łączności”.

Prawidłowa ocena efektywności ekonomicznej przedsięwzięcia gospodarczego

wymaga uwzględnienia i oceny wszystkich skutków danego przedsięwzięcia dla środowiska i krajowego systemu społeczno-gospodarczego. W przypadku realizacji przedsięwzięć inwestycyjnych na poziomie przedsiębiorstwa pożądane jest uwzględnienie skutków oddziaływania danego przedsięwzięcia na środowisko, co na obecnym poziomie wiedzy nie jest możliwe do bezpośredniego określenia. Bowiern w tradycyjnej gospodarce rynkowej koszty szkód ekologicznych nie były i nadal nie są uwzględniane w rachunku kosztów zakładowych (wewnętrznych), co sprzyja unikaniu ekonomicznej kompensacji tych szkód [54]. Obecnie ta kategoria kosztów, określana jako koszty zewnętrzne, jest częściowo uwzględniana w postaci opłat za korzystanie ze środowiska, co w pewnym stopniu pozwala na ich wprowadzanie do kosztów zakładowych. W ten sposób uwzględnianie skutków obciążenia środowiska wynikających z działalności gospodarczej odbywa się w formie zastępczej przez wprowadzony na drodze administracyjnej system instrumentów ekonomicznych w zakresie ochrony środowiska, który według [54] obejmuje następujące narzędzia:

- opłaty za korzystanie ze środowiska i wprowadzanie w nim zmian;
- kary pieniężne za przekroczenie dopuszczalnych norm emisji i naruszenie przepisów o ochronie środowiska;
- odszkodowania za naruszenie stanu środowiska na rzecz innych użytkowników.

## 2. Efekty w realizacji przedsięwzięć racjonalizujących działalność gospodarczą

Dokonanie pełnej oceny przedsięwzięcia modernizacyjnego w jednostce gospodarczej wymaga uwzględnienia między innymi:

- zmiany przepływów pieniężnych;
- zmiany wyników działalności gospodarczej;
- zmiany parametrów jakościowych wyrobów lub usług;
- zmniejszenia szkodliwości oddziaływania na środowisko;
- zmniejszenia stopnia wyeksploatowania zasobów naturalnych;
- zmiany warunków pracy i płacy.

Bezpośrednie, pozytywne efekty techniczne i ekonomiczne realizacji proekologicznego modernizacyjnego przedsięwzięcia gospodarczego mogą być następujące:

- zmniejszenie ilości zużywanych surowców, materiałów i ich kosztów;
- zmniejszenie zużycia nośników energii i zmniejszenie kosztów energii;
- zmniejszenie kosztów zużywanej wody;
- zmniejszenie emisji zanieczyszczeń do atmosfery;
- zmniejszenie kosztów robocizny;
- zmniejszenie kosztów napraw i remontów;
- zmniejszenie ilości powstających odpadów produkcyjnych odprowadzanych do środowiska;
- skrócenie czasu wykonywania prac wykończeniowych;
- zwiększenie wydajności procesów produkcyjnych;
- zmniejszenie zajmowanej powierzchni użytkowej i wydatków na jej utrzymanie;
- zmiana w harmonogramie pracy urządzeń i lepsze wykorzystanie czasu pracy;
- poprawa jakości i konkurencyjności wyrobów.

Większość wymienionych wyżej efektów wystąpi również w przypadku przedsięwzięć modernizacyjnych w jednostkach nieprzynoszących dochodu.

W przypadku wykonywania analiz efektywności ekonomicznej przedsięwzięć na poziomie jednostki gospodarczej wykonuje się najczęściej zawężone oceny uwzględniające jedynie koszty i efekty w postaci kosztów rozliczanych przez dane przedsiębiorstwo. Dlatego jest istotne, aby zidentyfikować wszystkie te efekty, których wartość może być wyrażona bezpośrednio w środkach pieniężnych, na przykład: oszczędności surowców i materiałów, oszczędności zużycia energii, zmniejszenie robocizny, ograniczenie prac transportowych. Ważna jest również identyfikacja tych efektów, których wartość może być oszacowana jedynie pośrednio, na przykład w postaci poprawy wskaźników jakości produkcji, poprawy konkurencyjności wyrobu, które mogą przynieść określone efekty finansowe w postaci zwiększonej

DEMANDING APPLICATIONS  
OUR MOTORS - YOUR SUCCESS  
POWER OF EXPERIENCE  
DEMANDING APPLICATIONS  
CHALLENGING PROJECTS  
IDEA TURNED INTO ENERGY

**Cantoni**®  
**GROUP**



**SILNIKI ELEKTRYCZNE**

**0,04 kW - 6000 kW**

dla różnych  
gałęzi przemysłu



POWER OF EXPERIENCE  
OUR MOTORS - YOUR SUCCESS  
DRIVING MOST DEMANDING  
INTO YOUR ENERGY GLOBAL  
ENERGY BUSINESS POWER  
WWW.CANTONIGROUP.COM



sprzedaży. Występują również takie efekty, które nie mogą być wyrażone bezpośrednio w środkach pieniężnych, na przykład poprawa warunków pracy lub zmniejszenie obciążenia środowiska wynikające ze zmniejszenia określonej ilości wprowadzanych zanieczyszczeń i odpadów.

Realizacja proekologicznych przedsięwzięć inwestycyjnych może powodować dodatkowe efekty ekonomiczne zmniejszające koszty wewnętrzne (efekty bezpośrednie) i zewnętrzne w środowisku (efekty pośrednie). Do efektów bezpośrednich rozliczanych finansowo, pozwalających na zmniejszenie kosztów wewnętrznych w jednostce gospodarczej, należą [7]:

- zmniejszenie opłat za gospodarcze korzystanie ze środowiska;
- unikanie kar za nadmierne zanieczyszczenie środowiska;
- zmniejszenie kosztów surowców, materiałów i nośników energii;
- zmniejszenie kosztów przystosowania odpadów do składowania;
- zmniejszenie lub eliminacja kosztów usuwania odpadów.

Istotne w działalności gospodarczej są również czynniki pozafinansowe, do których należą:

- uwzględnienie problemów zdrowotnych, bezpieczeństwa i przepisów o ochronie środowiska;
- poprawa jakości wyrobów, zmniejszenie ilości braków;
- poprawa warunków środowiska pracy;
- korzystniejsze powiązania pomiędzy procesami;
- zmniejszenie przerw w przebiegu procesów.

Do efektów pośrednich (zewnętrznych) nierozliczanych finansowo można zaliczyć [7]:

- efekty wynikające ze zmniejszenia lub eliminacji obecnych i przyszłych kosztów degradacji środowiska;
- efekty wynikające z racjonalnego, zrównoważonego pozyskiwania zasobów przyrody;
- zmniejszenie liczby zachorowań;
- zmniejszenie liczby awarii i wypadków;
- mniejsze oszpecenie krajobrazu;
- zmniejszenie kosztów wynikających z degradacji maszyn, urządzeń i budowli;

- unikanie kosztów szkód wynikających z nadmiernego i niewłaściwego składowania odpadów.

Częstym niedociągnięciem popełnianym w obliczaniach efektów oszczędnościowych jest uwzględnianie tylko niektórych ich składników. Najczęściej uwzględnia się jedynie bezpośrednio oszczędności kosztów energii, czasami również kosztów obsługi, zwracając stosunkowo niewielką uwagę lub nawet całkowicie pomijając takie efekty, jak poprawa jakości produkcji, zwiększenie wydajności urządzeń, zmniejszenie obciążenia środowiska i wiele innych. Z punktu widzenia wiarygodności otrzymywanych wyników analizy efektywności ekonomicznej istotne jest dążenie do uwzględnienia wszystkich składników kosztów i efektów, które mogą wystąpić.

### 3. Instrumenty polityki ekologicznej w racjonalizacji gospodarczej

Realizacja założeń polityki ekologicznej wymaga zastosowania odpowiedniego systemu ustawowych instrumentów: prawnych, administracyjnych i ekonomicznych, które umożliwią oddziaływanie na jednostki gospodarcze. Instrumenty te nabierają szczególnego znaczenia w racjonalizacji działalności gospodarczej, gdyż w sposób istotny mogą wpływać na zasadność jej prowadzenia i efektywność ekonomiczną. Obecny system instrumentów proekologicznego oddziaływania na podmioty gospodarcze obejmuje ustawowe narzędzia [54]:

- opłaty za użytkowanie środowiska i wprowadzanie w nim zmian;
- kary pieniężne za przekroczenie dopuszczalnych norm emisji zanieczyszczeń;
- kary pieniężne za naruszanie innych przepisów o ochronie środowiska;
- odszkodowania za naruszanie stanu środowiska na rzecz innych użytkowników;
- fundusze specjalne (celowe) ochrony środowiska na różnych szczeblach administracji.

Ten system środków ekonomicznych jest uzupełniony ogólnymi instrumentami finansowymi, do których można zaliczyć:

- system opodatkowania podatkiem gruntowym i podatkiem od nieruchomości;
- system ulg w podatku dochodowym z tytułu inwestycji w ochronę środowiska;
- system ulg z tytułu wykorzystania odpadów i regeneracji wyrobów;
- system dotacji budżetowych;
- system dotacji i pożyczek na dofinansowanie przedsięwzięć proekologicznych;
- preferencyjne zasady kredytowania przedsięwzięć proekologicznych.

Według [27, 54] koszty szkód w środowisku są zwykle wielokrotnie wyższe (6–8-krotnie) niż opłaty ekologiczne ponoszone za korzystanie ze środowiska, ponieważ skutki powodowane w środowisku mają często wymiar nieodwracalnej jego dewastacji lub prowadzą do nieodwracalnego wykorzystania określonych rodzajów zasobów naturalnych. Skutki te nie są możliwe do wyrażenia w środkach pieniężnych.

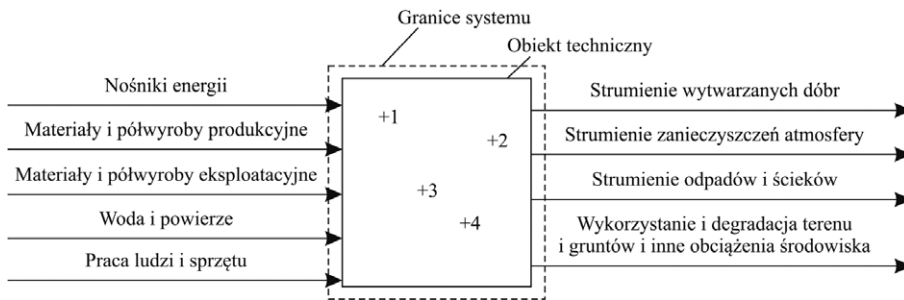
Mimo, że opłaty ekologiczne nie zapewniają pełnego pokrycia szkód środowiskowych, ich wprowadzenie co najmniej zmusza jednostki gospodarcze do:

- podejmowania działalności w zakresie oszczędnego korzystania z zasobów naturalnych i realizacji przedsięwzięć prowadzących do zmniejszenia obciążenia środowiska;
- finansowania przedsięwzięć w zakresie ochrony środowiska.

Zgodnie z rozporządzeniem aktualizowanym corocznie i publikowanym w Monitorze Polskim opłaty za gospodarcze korzystanie ze środowiska są pobierane za:

- pobór wody;
- zrzut ścieków;
- korzystanie z urządzeń wodnych;
- nabycie gruntów rolnych i leśnych na cele nierolnicze i nieleśne;
- wydobywanie kopalin;
- usuwanie drzew;
- składowanie odpadów;
- odprowadzanie zanieczyszczeń do powietrza atmosferycznego.

Kary pieniężne są naliczane za naruszanie norm i przepisów o ochronie środowiska niezależnie od szkód spowodowanych w środowisku. Według ustawy Prawo ochrony środowiska [U7] karze podlegają działania:



Rys. 1. Granice określania efektów racjonalizacji wynikające z przepływu materiałów, wyrobów i nośników energii w jednostce gospodarczej (1, 2, 3, 4 - miejsca racjonalizacji)

- wprowadzenie do wód lub do ziemi ścieków nieodpowiadających wymaganiom;
- przekroczenie dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń wprowadzanych do powietrza;
- przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu;
- zniszczenie zieleni, drzew i krzewów;
- zastosowanie środków chemicznych w sposób szkodliwy dla roślin lub zwierząt;
- usuwanie drzew i krzewów bez zgody terenowego organu administracji;
- gromadzenie lub usuwanie odpadów w miejscach do tego nieprzeznaczonych;
- pobory wody w ilości większej niż ustalono w pozwoleniu wodnoprawnym.

Opłaty ekologiczne stanowią pewną rekompensatę za szkody powodowane w środowisku w wyniku działalności gospodarczej lub innych sposobów wykorzystania. Stanowią pewien składnik kosztów prowadzenia działalności gospodarczej, czyli umożliwiają wprowadzenie w pewnym stopniu kosztów zewnętrznych do kosztów wewnętrznych przedsiębiorstwa.

#### 4. Zasady określania efektów w działalności jednostek wykorzystujących energię

Rozpatrywane są zarówno jednostki gospodarcze, których działalność jest ukierunkowana na przynoszenie dochodu, jak i jednostki nieprzynoszące dochodu, realizujące funkcje społecznie użyteczne.

Z punktu widzenia prowadzonej w tej pracy analizy efektywności ekonomicznej jednostka gospodarcza czy jednostka realizująca funkcje społecznie użyteczne może być postrzegana jako system, który funkcjonuje w określonych warunkach otoczenia (gospodarka, środowisko naturalne, regulacje prawne) i z tym otoczeniem wzajemnie oddziałuje. Oddziaływanie to odbywa się za pośrednictwem strumieni

czynników dostarczanych do tego systemu i wyprowadzanych z niego. Podobnie można ująć oddziaływanie z otoczeniem jednostek bezdochodowych, przy czym doprowadzane i wyprowadzane strumienie są inne niż w przypadku jednostek gospodarczych.

#### 4.1. Jednostki gospodarcze

Potrzeba oceny efektywności ekonomicznej w działalności wytwórczej danej jednostki gospodarczej, czyli kreującej dochód (zakład przemysłowy, usługowy, ciepłownia, elektrociepłownia), stawia wymagania ustalenia wielkości efektów tej działalności. Procesy, w których powstają strumienie dóbr, są najczęściej złożone, obejmują wiele różnych procesów cząstkowych i wiążą się z przepływem wielu czynników produkcji. Wśród czynników produkcji procesy wytwórcze wymagają również wielu nośników energii, które mogą być zarówno dostarczane z zewnątrz, jak i wytwarzane w danej jednostce gospodarczej. Występowanie wielu procesów technologicznych, energetycznych, transportowych, remontowych i pomocniczych sprawia, że wytwarzanie dóbr charakteryzuje się wzajemnymi powiązaniem między procesami produkcyjnymi zasadniczymi i pomocniczymi oraz przepływami materiałów i energii. Z tego powodu funkcjonowanie takiej jednostki powinno być traktowane jako pewna całość (system) z uwzględnieniem relacji zachodzących pomiędzy wszystkimi procesami. Granice systemu powinny być określone w taki sposób, aby obejmowały wszystkie strumienie zasilające i opuszczające system, strumienie materiałowe, energii i przepływy pieniężne.

Aby system mógł funkcjonować, wymaga ciągłego zasilania w materiały technologiczne i eksploatacyjne, nośniki energii, wodę, pracę ludzi i sprzętu (rys. 1). Wewnątrz systemu odbywają

reklama



**AUTOMATYKA  
PRZEMYSŁOWA**





**NPI Spółka z o.o.**  
 tel. +48 71 399 85 85  
 email: npi@npi.com.pl  
[www.npi.com.pl](http://www.npi.com.pl)



się procesy produkcyjne i pomocnicze wykorzystujące strumienie zasilające w celu wytworzenia wytworów użytecznych. W procesach realizowanych w systemie powstają ścieki, odpady, odbywa się emisja substancji szkodliwych, które najczęściej wymagają dalszej przeróbki, aby mogły być wprowadzone do środowiska.

Strumienie przepływu materiałów i energii pociągają za sobą określone koszty na zakup czynników wykorzystywanych w działalności gospodarczej, materiałów technologicznych, eksploatacyjnych i energii, w tym również opłaty za czerpanie kopalin, po stronie wejścia, oraz wartości sprzedanej wyrobów, określanej z uwzględnieniem kosztów opłat za wykorzystanie środowiska (wprowadzanie zanieczyszczeń atmosfery, odpadów i ścieków, degradację gruntów), po stronie wyjścia. Nie wszystkie efekty wynikające z realizacji przedsięwzięć gospodarczych jesteśmy w stanie wyrazić w kategoriach monetarnych, na przykład poprawa jakości strumienia wytworów działalności czy poprawa jakości środowiska pracy. Ponadto efekty racjonalizacji gospodarki energetycznej mogą występować w różnych miejscach jednostki gospodarczej. Mogą to być zarówno efekty bezpośrednio występujące w procesach, w których dokonano racjonalizacji, jak i efekty w procesach innych niż w miejscu racjonalizacji, przy czym jedne i drugie prowadzą do zmniejszenia kosztów prowadzenia działalności gospodarczej danej jednostki.

Na przykład usprawnienie pracy kotła opalanego węglem kamiennym, wyrażające się poprawą jego sprawności energetycznej, spowoduje bezpośrednio zmniejszenie zużycia węgla, ale również pośrednio wpływa na zmniejszenie zużycia energii na transport paliwa, energii na jego składowanie i dostarczanie do kotła, zmniejszenie ilości odpadów i zużycia energii na wywóz odpadów, zmniejszenie emisji zanieczyszczeń powietrza. W wyniku tego usprawnienia zmniejszeniu ulegną również odpowiednie składniki kosztów (przepływy pieniężne): na zakup i dostawę paliw, energii elektrycznej, na transport paliwa do zasilania kotła, opłaty za korzystanie ze środowiska i inne.

Podobnie w przypadku usprawnień w procesach wpływających na zmniejszenie potrzeb ciepła – nastąpi wówczas nie tylko zmniejszenie zużycia paliwa i związanych z tym efektów, lecz również zmniejszenie ilości wody dostarczanej do kotłów, ilości środków chemicznych potrzebnych na przygotowanie tej wody do wykorzystania w kotłach, energii elektrycznej na napęd pomp zasilających i na zasilanie kotłów w paliwo.

Bardziej szczegółowo efekty pośrednie, na przykład w jednostce zasilanej z własnej ciepłowni, w przypadku, gdy efektem racjonalizacji jest zmniejszenie zużycia ciepła i tym samym zmniejszenie zużycia paliwa i kosztów jego zakupu, mogą być następujące:

- zmniejszenie ilości powstających zanieczyszczeń i odpadów paleniskowych;
- zmniejszenie energii na transport węgla i wywóz odpadów paleniskowych;
- zmniejszenie zużycia energii elektrycznej na napęd urządzeń systemu nawęglania kotłów (taśmociągi, suszenie, mielenie);
- zmniejszenie zużycia (i kosztów) wody i energii elektrycznej niezbędnej na jej dostarczenie oraz nakładów na jej przygotowanie (chemikalia, woda, energia elektryczna);
- zmniejszenie opłat za gospodarcze wykorzystanie środowiska.

W celu określenia efektów działalności gospodarczej, którymi mogą być efekty energetyczne, ekologiczne i ekonomiczne, niezbędne jest uwzględnienie wszystkich strumieni przepływu środków materiałowych i energii oraz odpowiednich środków finansowych. Na rys. 1 przedstawiono schematycznie granice rozpatrywania procesów w jednostce gospodarczej traktowanej jako system.

Efekty wynikające z wprowadzanych usprawnień wewnątrz systemu w danej instalacji czy urządzeniu wewnątrz systemu mogą wystąpić bezpośrednio w tej instalacji oraz równocześnie w wielu innych miejscach (procesach) pobierających te same lub inne nośniki energii. Dlatego poprawne określenie uzyskiwanych efektów racjonalizacji wymaga, aby były one obliczane na granicach systemu

reprezentującego jednostkę gospodarczą. Tylko przy takim podejściu można określić wszystkie efekty racjonalizacji jako zmiany strumieni materiałów i energii dostarczanych do jednostki i z niej wyprowadzanych, które wiążą się z określonymi przepływami środków finansowych oraz strumieniami obciążającymi środowisko.

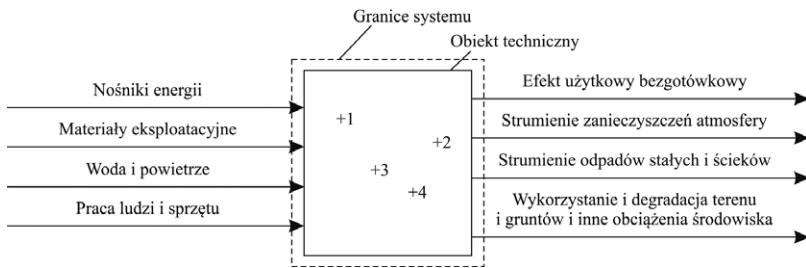
Zatem również efekty ekonomiczne wynikające z działalności jednostki oraz w wyniku wprowadzanych zmian w procesach modernizacyjnych powinny być ustalane, biorąc pod uwagę strumienie przepływających środków finansowych, które są określane na granicy systemu.

Ocenę ilościową efektów racjonalizacji uzyskuje się, traktując jednostkę gospodarczą jako pewien system energetyczny, a efekty są określane przez wyznaczenie strumieni dóbr oraz zmniejszenie zanieczyszczeń i odpadów wprowadzanych i wyprowadzanych z systemu. Dostarczanie dóbr odbywa się bądź to środkami transportu, bądź też transportem rurowym (pomiar na wejściu do jednostki); są to takie czynniki, jak: woda, gaz ziemny, para, ciepło w wodzie. Woda może być również dostarczana z własnych ujęć głębinowych. Na rys. 1 pokazano sytuację, w której występują cztery różne i dokonane w różnych procesach usprawnienia gospodarki energetycznej w instalacjach jednostki gospodarczej postrzeganej jako system.

Interesuje nas odpowiedź na pytanie, w jakim stopniu przedsięwzięcia wprowadzone w różnych instalacjach lub urządzeniach czy liniach produkcyjnych (np. w punktach 1, 2, 3, 4 pokazanych na rys. 1) wpłyną na zmianę strumieni czynników doprowadzanych do systemu i wyprowadzanych określanych jako wartościowe, to znaczy związane ze zmianą przepływów środków finansowych w danej jednostce gospodarczej.

Nie mniej istotne jest określenie, w jakim stopniu zmieniają się strumienie powstających zanieczyszczeń, odpadów i ścieków, w odniesieniu do których jest wymagane ponoszenie opłat lub niezbędne jest dalsze przetwarzanie, transport lub neutralizacja.

W wyniku wprowadzenia przedsięwzięć otrzymuje się efekty racjonalizacji:



Rys. 2. Granice określania efektów racjonalizacji wynikające z przepływu materiałów, wyrobów i nośników energii w jednostce bezdochodowej (1, 2, 3, 4 – miejsca racjonalizacji)

- mierzone na wejściu systemu w postaci zmian strumieni wejściowych, na przykład nośników energii, materiałów technologicznych, czynników eksploatacyjnych, materiałów pomocniczych, wody w stosunku do stanu przed usprawnieniem;
- mierzone na wyjściu systemu, dotyczące zmian strumienia wytworów działalności oraz zmian ilości zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery oraz powstających odpadów stałych i ścieków w odniesieniu do stanu przed usprawnieniem.

Wprowadzanie strumieni produktów użytecznych i odpadów odbywa się głównie przez bramę jednostki gospodarczej, natomiast zanieczyszczenia gazowe i ścieki często są uwalniane bezpośrednio w procesach do otoczenia lub do systemu ścieków i w określonych miejscach punktowo wyprowadzane na zewnątrz (komin, przewody odprowadzania ścieków, wyrzutnie systemów wentylacji). Czyli granice rozpatrywanego systemu mogą przebiegać fizycznie w różnych miejscach i we wszelkich analizach powinny być jednoznacznie określone.

W pracy [112] rozpatrzono systemowe podejście do obliczania efektów modernizacji w obiektach budowlanych o złożonej strukturze energetycznej, przy założeniu liniowego przebiegu wzajemnych relacji pomiędzy strumieniami zużycia energii. Proponowane podejście, wykorzystujące analizę przepływów międzygałęziowych Leontieffa, uwzględnia fakt, że każda zmiana strumienia energii oddziałuje na wszystkie procesy przebiegające w obiekcie i tylko równoczesne rozpatrywanie wszystkich zmian pozwala uzyskać jednoznaczne

ustalenie efektów modernizacji. Pozwala to uwzględnić zarówno bezpośrednie, jak i pośrednie efekty wywołane zmianami wprowadzanymi w całym obszarze gospodarki energetycznej w rozpatrywanym obiekcie. Omawiane w pracy [112] podejście może być wykorzystane do określenia efektów racjonalizacji użytkowania energii w wielu budynkach użyteczności publicznej, w których występuje wiele systemów wykorzystania różnych nośników energii i możliwość wyodrębnienia części wytwarzania i użytkowania tych nośników.

#### 4.2. Jednostki niekreujące dochodu

Jako obiekty techniczne nieprzynoszące dochodu w kategoriach monetarnych można wymienić: obiekty mieszkalne, administracji publicznej, edukacji, opieki zdrowotnej, pomocy społecznej, wojska i policji.

Na rys. 2 przedstawiono schemat ilustrujący strumienie czynników doprowadzanych i wyprowadzanych z obiektu w przypadku, gdy obiekt realizuje tylko pewne funkcje społecznie użyteczne, ale nieprzynoszące dochodu dającego się wyrazić w kategoriach monetarnych. Po stronie strumieni doprowadzanych, odmiennie niż to było w przypadku jednostek gospodarczych, znajdują się tylko przepływy czynników biorących udział w realizowaniu i w podtrzymywaniu funkcji użytkowych (energia, materiały eksploatacyjne, woda, praca ludzi i sprzętu). Po stronie strumieni wyprowadzanych zamiast strumienia wytwarzanych dóbr przynoszących dochód występuje realizowany efekt użytkowy oraz strumienie zanieczyszczeń atmosfery oraz ścieki i odpady stałe i ewentualne inne zanieczyszczenia.

Strumienie uwidocznione na rys. 2 występują na przykład w obiektach budowlanych. W przypadku budynku mieszkalnego efektami użytkowymi są właściwości zapewniające odpowiednią przestrzeń do przebywania ludzi. W przypadku innych obiektów budowlanych efektami są przestrzeń i odpowiednie warunki do prowadzenia procesów przemysłowych, edukacji, leczenia, handlu i wielu innych.

Obiekt pokazany na rys. 2 funkcjonuje w celu wytworzenia efektów użytkowych, których nie można wyrazić w kategoriach monetarnych. W wyniku działania obiektu funkcjonującego według schematu przedstawionego na rys. 2 efektami modernizacji, które mogą być wyrażone w kategoriach monetarnych, są:

- mierzone na wejściu do systemu zmiany (w stosunku do okresu przed modernizacją) strumieni doprowadzanych nośników energii, czynników eksploatacyjnych, wody i materiałów pomocniczych;
- mierzone na wyjściu z systemu zmiany strumieni zanieczyszczeń powietrza oraz ścieków i odpadów stałych.

W przypadku, gdy obiekt mieszkalny jest wykorzystywany jako obiekt realizujący działalność gospodarczą (np. przestrzeni mieszkalnej), efekt użytkowy może być wyrażony w kategoriach monetarnych i wówczas w analizach efektywności energetycznej zastosowanie może mieć schemat systemu przedstawiony na rys. 2.

W analizach efektywności energetycznej obiektów strumienie czynników występujących zarówno w jednostkach przynoszących dochód, jak i nieprzynoszących dochodu będą uwzględniane tylko te, które mogą być wyrażone w kategoriach monetarnych.

## 5. Uwagi o określaniu nakładów na realizację przedsięwzięć

### 5.1. Nakłady inwestycyjne

Inwestycja według [121] to nakład gospodarczy, którego celem jest stworzenie nowych lub powiększenie istniejących zasobów środków trwałych. Inwestycją nazywany jest również obiekt (przedmiot) będący wynikiem tej działalności. Inwestowanie wymaga zgromadzenia środków kapitałowych



niezbędnych do pokrycia nakładów, które przyniosą efekt, aczkolwiek zawsze otrzymywany z pewnym opóźnieniem.

Istnieje wiele kryteriów podziału przedsięwzięć inwestycyjnych. W tej pracy zainteresowani jesteśmy jedynie inwestycjami modernizacyjnymi, ukie-  
runkowanymi głównie na zmniejszenie kosztów wytwarzania dóbr czy usług lub kosztów prowadzenia działalności społecznej. Inwestycje modernizacyjne są zwykle realizowane łącznie z inwestycjami odtworzeniowymi, których celem jest zapobieżenie wzrostowi kosztów związanych ze zużyciem majątku trwałego.

Jako składniki nakładów inwestycyjnych rozumiemy, na przykład: zakup gruntów, budynków i koszt przygotowania terenu, zakup maszyn i urządzeń, koszty instalacji i wyposażenia, koszty prac remontowo-budowlanych. Mogą też wystąpić inne składniki kosztów wytwarzania: szkolenia, promocje, rezerwa.

Nie wszystkie inwestycje przynoszą bezpośrednie korzyści, dające się wyrazić w kategoriach monetarnych. Niektóre z nich mogą być związane z potrzebą ochrony środowiska objętą regulacjami prawnymi albo podtrzymaniem funkcji użytkowych jednostek bezdochodowych, na przykład: szkół, szpitali, obiektów socjalnych, budynków mieszkalnych i innych.

Podstawowymi wielkościami służącymi do przeprowadzenia analizy ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia są nakłady inwestycyjne i efekty wyrażające się zmniejszeniem kosztów eksploatacji uzyskiwane w każdym roku oraz przewidywany okres eksploatacji przedsięwzięcia. Wielkości nakładów i przychodów oraz rozkład w czasie przepływów pieniężnych są czynnikami podstawowymi wpływającymi w sposób decydujący na wyniki analizy opłacalności. Natomiast różnice pomiędzy przedsięwzięciami, wyrażające się różnymi wielkościami finansowymi, wpływają jedynie na większy lub mniejszy udział rozpatrywanych wersji przedsięwzięć w składnikach przepływów pieniężnych. Wartości liczbowe nakładów i efektów mają więc podstawowe znaczenie w uzyskaniu wiarygodnych wyników analizy opłacalności

i dlatego wymagają szczególnej uwagi przy ich określaniu.

Powszechnym niedociągnięciem popełnianym w obliczaniach efektów oszczędnościowych jest uwzględnianie tylko niektórych składników tych efektów. Najczęściej uwzględnia się jedynie bezpośrednie oszczędności kosztów energii, czasami również kosztów obsługi, zwracając stosunkowo niewielką uwagę lub nawet całkowicie pomijając takie efekty, jak poprawa jakości produkcji, zwiększenie wydajności urządzeń, zmniejszenie obciążenia środowiska i wiele innych.

Z punktu widzenia wiarygodności otrzymywanych wyników analiz opłacalności uwzględnienie wszystkich składników kosztów i efektów jest więc bardzo istotne. Jednakże uwzględnienie wszystkich efektów zwykle nie jest możliwe przy rozpatrywaniu przedsięwzięć na etapie wykonywania analizy energetycznej lub audytingu energetycznego czy też innej analizy w celu uzasadnienia potrzeby racjonalizacji. To może prowadzić do niedoszacowania kosztów realizacji przedsięwzięcia i w konsekwencji dla zaniechania ich realizacji. Często możliwe jest jednak co najmniej zgrubne oszacowanie takich dodatkowych kosztów i efektów. Natomiast wpływ wprowadzonych błędnych oszacowań (wpływ niedoszacowania nakładów) można ocenić przez zastosowanie analizy wrażliwości przedsięwzięcia na wskaźniki stosowane jako kryteria oceny efektywności ekonomicznej.

### 5.2. Uwagi o określaniu nakładów na modernizację

Realizacja proponowanych przedsięwzięć modernizacyjnych jest związana najczęściej z poważnymi modyfikacjami procesów przemysłowych bądź wprowadzeniem nowych urządzeń, co wymaga poważnych nakładów kapitałowych. Ich wysokość jest podstawowym czynnikiem decydującym o możliwości realizacji i przyszłej opłacalności przedsięwzięć. W wielu przypadkach proponowane zmiany w sposobie prowadzenia procesów nie wymagają nakładów inwestycyjnych. Czasami koszty zmian mogą być pokryte ze środków zakładu

przeznaczonych na bieżące naprawy i remonty.

Koszty realizacji programu efektywnego wykorzystania energii można rozpatrywać jako sumę trzech składników [34, 36]:

- koszt wykonania audytingu wynoszący 2–10% (zwykle nie przekracza 3–5%) rocznych kosztów energii w zakładzie;
- niezbędne nakłady inwestycyjne na realizację planowanych przedsięwzięć modernizacyjnych;
- koszt wprowadzenia i funkcjonowania systemu monitoringu po realizacji wszystkich przedsięwzięć.

Koszt wprowadzenia systemu monitoringu po zakończeniu realizacji przedsięwzięć może również stanowić istotną część kosztów wdrażania programów oszczędności energii. W zależności od stopnia złożoności systemu monitoringu koszt ten może wynosić 5% rocznych kosztów energii w zakładzie [36].

Ocena wielkości niezbędnych nakładów na realizację usprawnienia może być dokonana:

- na podstawie wyceny własnej;
- na podstawie ofert uzyskanych od przedstawicielstw producentów lub dostawców.

Przy ustalaniu wielkości nakładów inwestycyjnych należy wziąć pod uwagę następujące czynniki [34, 36]:

- oszacowanie nakładów powinno być ograniczone tylko do wymiernych, rzeczywistych wielkości (wyrażonych w pieniądzu); w niektórych wypadkach przedsięwzięcia modernizacyjne są związane z ukrytymi kosztami, które nie mogą być precyzyjnie określone; z powodu braku danych zwykle pomija się je we wstępnych oszacowaniach;
- w nakładach inwestycyjnych nie powinno się uwzględniać tych przedsięwzięć, które należy finansować z normalnych środków obrotowych zakładu; naprawy bieżące i remonty o mniejszym zakresie mogą być bez ponoszenia dodatkowych kosztów wykonywane przez pracowników zakładu w ramach ich rutynowych obowiązków;
- oszacowania kosztów inwestycyjnych obejmują całkowite koszty materiałów i robocizny obliczane przy

założeniu, że wszystkie prace będzie wykonywać zewnętrzny wykonawca; można jednak uwzględnić obniżenie kosztów spowodowane wykorzystaniem własnych pracowników bądź materiałów;

- oszacowanie nakładów nie musi obejmować takich kosztów związanych, jak wykonanie projektu, otrzymanie zezwoleń, specjalne opłaty itp.; jednak wszystkie zwyczajne opłaty (np. podatek VAT) powinny być uwzględnione;
- omawiany koszt inwestycyjny powinien być oszacowany przy zastosowaniu kalkulacji opartej na aktualnie obowiązujących rzeczywistych kosztach; aby to osiągnąć, należy skorzystać z informacji uzyskanych z przedsiębiorstw dostarczających i montujących urządzenia oraz z przedsiębiorstw budowlanych.

Analiza opłacalności przedsięwzięcia jest zwykle wykonywana wtedy, gdy jest znane jedynie oszacowanie poziomu nakładów. W zależności jednak od stopnia zawansowania przygotowań projektu przedsięwzięcia, dokładność określenia nakładów inwestycyjnych poprawia się znacznie i na podstawie uściślonych danych jest możliwa późniejsza korekta wstępnych oszacowań wykonanych przy wykorzystaniu niepełnych danych.

W pracy [36] rozróżnia się kilka poziomów dokładności oszacowania nakładów:

- rząd wielkości – jak sugeruje nazwa, jest to jedynie zgrubne przybliżenie oparte na oszacowaniu przez analogię do podobnych przedsięwzięć;
- oszacowanie wstępne – podstawą oszacowania może być określenie kosztów głównych elementów składowych przedsięwzięcia, na przykład na podstawie telefonicznych informacji uzyskanych od potencjalnych dostawców; ocena może być również wykonana na podstawie informacji dostępnych w przedsiębiorstwie;
- oszacowanie udokumentowane – w tym przypadku projekt już był poddany technicznej analizie możliwości realizacji, a jego poszczególne elementy i ich koszty zostały określone, również wycenione zostało wykonawstwo wraz z pracami montażowymi; na tym etapie przygotowanie projektu

przedsięwzięcia jest tak zaawansowane, że możliwe jest określenie kosztów z dokładnością wystarczającą do akceptacji przez kierownictwo finansowe przedsiębiorstwa;

- oszacowanie końcowe – zgodnie z przygotowanym projektem przedsięwzięcia wszystkie pozycje kosztów są już znane, na podstawie zaakceptowanych ofert dostawców, łącznie ze wszystkimi materiałami i pracami pomocniczymi; niepewność mogą powodować jedynie prace montażowe, których dokładna znajomość będzie możliwa dopiero po całkowitym zakończeniu realizacji;
- określenie rzeczywistych nakładów – obejmuje rzeczywiste poniesione koszty realizacji przedsięwzięcia określone na podstawie dokonanych płatności; jest to zwykle koszt ostateczny, który już nie ulegnie zmianie; koszt ten może być podstawą powyższej analizy efektów uzyskiwanych z przedsięwzięcia po jego realizacji i uruchomieniu.

Warto zwrócić uwagę na składniki nakładów często pomijane w oszacowaniach wykonywanych na potrzeby analizy efektywności ekonomicznej ze względu na brak danych:

- przygotowanie miejsca do zainstalowania urządzenia lub jego modyfikacji;
- niezbędne zmiany budynku umożliwiające modyfikację instalacji;
- połączenia urządzeń i przyrządów z innymi elementami instalacji, a także zawory, odwadniacze, tarcze zwężek i wiele innych nie mniej istotnych elementów;
- ewentualna zmiana kosztów wynajmu budynku;
- wyposażenie w aparaturę pomiarową;
- niezbędne połączenia elektryczne, modyfikacja kanałów umożliwiających prowadzenie przewodów elektrycznych;
- izolacje cieplne urządzeń, rurociągów i budynków;
- izolacje elektryczne połączeń instalacji z zasilaniem.

Pomijanie jakichkolwiek składników nakładów inwestycyjnych powoduje nieuzasadnione zawyżanie obliczonych na tej podstawie wskaźników charakteryzujących opłacalność, nazywanych

kryteriami oceny przedsięwzięć, i podjęcie nieuzasadnionej decyzji.

## 6. Możliwości wpływu na koszty w pełnym cyklu istnienia obiektu

Możliwości wpływu na koszty obiektu technicznego należy poszukiwać w całym okresie jego istnienia, od przygotowania wstępnej koncepcji i uzgodnień projektowych przez projektowanie, wykonanie (budowę), użytkowanie do likwidacji wraz z wykorzystaniem zasobów poużytkowych. Podobnie jak w przypadku analizy możliwości wpływu na zużycie energii decyzje podejmowane już w fazie przygotowania wstępnej koncepcji i uzgodnień projektowych narzucają pewne ramy, w których powinny mieścić się przyjęte i wprowadzane rozwiązania architektoniczne, konstrukcyjne, instalacyjne; mogą mieć one znaczny wpływ na koszty w dalszych fazach cyklu istnienia obiektu.

Analiza możliwości wpływu na koszty obiektu poprzedzająca opracowanie rozwiązania obiektu, racjonalnego z punktu widzenia kosztów w pełnym cyklu istnienia, musi uwzględniać ograniczenia wynikające z licznych uwarunkowań. Wymaga to zwykle rozpatrzenia wielu scenariuszy uwzględniających różne rozwiązania zarówno poszczególnych elementów, jak i całego obiektu.

Podczas projektowania zwykle są przestrzegane zasady projektowania wypracowane w każdej dziedzinie, prowadzące do uzyskania rozwiązania optymalnego danego obiektu (systemu). W tym obszarze pozostają do dyspozycji największe możliwości kształtowania rozmiarów i parametrów pracy obiektów, które zapewniają minimalizację kosztów uzyskiwanych przy ograniczeniach wynikających z bardzo wielu przyczyn: uwarunkowań miejsca budowy, wymagań środowiskowych, wymagań lokalnego środowiska, wymiarów produkowanych elementów i wielu innych. Poszukujemy więc pewnego rozwiązania, które dla wprowadzonego zbioru ograniczeń okaże się najkorzystniejsze z punktu widzenia kosztów.

Koszty energii mają istotny udział w kosztach całkowitych obiektu w pełnym cyklu istnienia, a zwłaszcza ten wpływ jest duży w fazie użytkowania



obiektów o dużej energochłonności eksploatacji.

Analiza możliwości wpływu na koszty obiektu technicznego może być prowadzona w ocenach dotyczących:

- eksploatacji obiektu istniejącego;
- modernizacji obiektu istniejącego;
- budowy obiektu nowego.

W zastosowaniu do obiektów analiza możliwości wpływu na koszty wykonywana w celu poszukiwania najkorzystniejszego rozwiązania z tego punktu widzenia powinna być prowadzona w zasadzie w dwóch fazach:

- podczas projektowania obiektu, kiedy są ustalane ilości i właściwości fizyczne materiałów i wyrobów, rodzaje nośników energii, systemy zasilania w nośniki energii, systemy eksploatacji i inne czynniki decydujące o kosztach w pełnym cyklu istnienia;
- w fazie eksploatacji obiektu, kiedy są ustalane wielkości wykorzystywane przez system eksploatacji w formie informacji wejścia w celu zapewnienia odpowiedniego prowadzenia tego systemu, w szczególności w sposób zapewniający jak najmniejsze koszty nośników energii.

W fazie eksploatacji możliwe jest również oddziaływanie na wykorzystanie odpowiednich materiałów i nośników energii, a także technik wykonawczych przy realizacji czynności obsługowych i podczas remontów, także ustalenie zakresu remontów.

W pewnym zakresie optymalizacja kosztów może dotyczyć również procesów wznoszenia obiektu, na przykład przez oddziaływanie na system realizacji budowy, prowadząc do zmniejszenia zużycia materiałów i minimalizacji ilości powstających odpadów.

Istnieje również możliwość wpływu na koszty obiektu w fazie likwidacji, głównie przez wykorzystanie pozostających do dyspozycji środków technicznych. Na przebieg fazy likwidacji można mieć wpływ już w fazie projektowania, przez oddziaływanie na technologiczność zastosowanych wyrobów budowlanych, na przykład: przez sposób mocowania i demontażu elementów, sposób ich naprawy, w szczególności w odniesieniu do elementów systemów wykończeniowych obiektu.

Projektowanie obiektu wymaga określonego sposobu podejścia, które zapewni rozwiązanie najkorzystniejsze z punktu widzenia kosztów. Do niedawna analizowano tylko koszty realizacji obiektu. Aktualnie wymaga się uwzględniania kosztów w pełnym cyklu istnienia danego obiektu jako kryterium poszukiwania rozwiązania optymalnego.

Niewielkie jest prawdopodobieństwo, aby przewidziany podczas projektowania koszt obiektu w cyklu istnienia pokrywał się z rzeczywistym kosztem poniesionym w tym okresie. Szczególnie wtedy, gdy przedmiotem analizy jest obiekt o długim okresie użytkowania, na przykład obiekt budowlany. W miarę upływu lat znaczna ilość czynników może bowiem ulec zmianie.

Należy mieć na uwadze, że na koszty obiektu w cyklu istnienia wpływ ma znacznie więcej czynników (zwykle nieznanych w chwili wykonywania analizy) niż na zużycie energii. Poza czynnikami, które mają wpływ na zużycie energii, omówionymi szczegółowo wcześniej, wpływ mają ceny materiałów i nośników energii, koszty robocizny, transportu, opłaty środowiskowe.

Proces projektowania obiektu technicznego jest zwykle bardzo złożony, wymaga znajomości podstaw stosowanych technik i wykonawstwa w danej dziedzinie oraz obowiązujących regulacji prawnych. Projekt obiektu powinien być dostosowany zarówno do jego specyfiki, jak i do sposobu użytkowania w danych warunkach, tak aby spełniał przewidywane funkcje użytkowe. Ma to związek z późniejszym zakresem napraw bieżących i remontów oraz z nakładami finansowymi, które będą ponoszone na ich wykonanie.

Podczas projektowania istnieje wiele możliwości kształtowania obiektu wraz z systemami wyposażenia w taki sposób, aby się to wyrażało mniejszym zużyciem materiałów i energii i mniejszym obciążeniem środowiska, a w konsekwencji również mniejszymi kosztami. W pracy zwrócono uwagę na wiele z tych możliwości, głównie z punktu widzenia potrzeby wpływu na zmniejszenie kosztów energii występujących w pełnym cyklu istnienia. Poziom zużycia energii przez obiekt może mieć bardzo istotny

wpływ na podejmowane decyzje projektowe w kierunku zmniejszenia kosztów.

Obiekty techniczne są budowane w określonym czasie, w którym występują pewne uwarunkowania mające wpływ na zastosowane rozwiązania. Mogą się one niekiedy znacznie zmieniać w okresie ich użytkowania, szczególnie w obiektach o długim okresie eksploatacji. Analiza w pełnym cyklu istnienia dla obiektu projektowanego odnosi się do czasu przyszłego zarówno z punktu widzenia kosztów, jak i oddziaływania na środowisko w fazie budowy i w fazie eksploatacji oraz w fazie jego likwidacji i poużytkowego zagospodarowania. Wszystkie dane odnoszące się do przyszłości mogą być w znacznym stopniu niepewne, na przykład zamiast wyrobów przewidzianych w projekcie mogą być zastosowane inne wyroby charakteryzujące się innymi cechami użytkowymi, które mogą mieć wpływ na koszty energii i inne koszty eksploatacji.

Procedura postępowania przewidziana w projekcie w odniesieniu do wykonywania zabiegów eksploatacyjnych po upływie pewnego czasu może być zmodyfikowana przez uwzględnienie wielu czynników dodatkowych, na przykład:

- wykorzystanie najlepszych dostępnych w tym czasie technik budowy i eksploatacji;
- wykorzystanie możliwości, które zapewnia usprawniony system recyklingu materiałów;
- uwzględnienie zmiany warunków gospodarczych, na przykład kosztów terenu, dostępność wyrobów i technik wykonania, uwzględnienie aktualnych kosztów szkód ekologicznych;
- uwzględnienie zmiany regulacji prawnych, na przykład w zakresie wymagań technicznych i środowiskowych. ■

Jan Górzyński

„Efektywność energetyczna w działalności gospodarczej”,

Wydawnictwo Naukowe PWN

# Spektroskopia impedancji i zastosowania przemysłowe

Zbigniew Hilary Żurek

## Wprowadzenie

Najbardziej odpowiednim wprowadzeniem do tematu artykułu jest cytat Prof. dr hab. inż. Lecha Dietricha (IPPT PAN) ze słowa wstępnego do książki *Obwody RLC w diagnostyce i eksploatacji maszyn* [9, 10]:

Pojęcie zmęczenia materiałów wprowadzono do słownictwa mechaniki w 1809 roku po pierwszym opisanym w literaturze fachowej przypadku zidentyfikowania zmęczeniowego pęknięcia szyny kolejowej przez Richarda Trevithicka.

W roku 1863 Wöhler zaproponował procedurę wyznaczania charakterystyki zmęczeniowej materiałów konstrukcyjnych. Procedura ta została wprowadzona do norm krajowych niemal wszystkich krajów świata i z niewielkimi zmianami obowiązuje do dnia dzisiejszego.

Monitorowanie i ocena rozwoju uszkodzeń zmęczeniowych jest dziedziną eksplorowaną dopiero od niedawna, a główna trudność wynika z korelacji lokalnego charakteru rozwoju zmęczenia wokół początkowych pęknięć i defektów strukturalnych z pomiarami globalnych zmian właściwości fizycznych czy mechanicznych w całej objętości pomiarowej.

Podstawowym problemem jest wybór właściwego parametru wskazującego na rozwój uszkodzeń zmęczeniowych (angielski termin *fatigue damage indicator parameter*).

Poszukiwania takiego parametru są ciągle sprawą otwartą zarówno w zakresie właściwości mechanicznych, jak i w zakresie właściwości magnetycznych i elektrycznych

Zaproponowana wielopunktowa procedura oceny krzywej trwałości materiału przez zdefiniowanie poziomu nasycenia magnetycznego i częstotliwości prądu wzbudzenia o parametrach lub w zakresie dobranym dla materiału testowanego ( $f_{lu}$ ,  $f_g/f$ , oraz składowych impedancji cewki testującej, jak jej geometria, budowa,

w tym uzwojenie w stosunku do parametrów) wraz z materiałem testowanym.

Zdefiniowano w ten sposób nowy parametr diagnostyki magnetycznej wskazujący na rozwój uszkodzeń zmęczeniowych”.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono metodykę badań defektoskopowych opartą na unormowanych składowych impedancji i pojęciu przenikalności skutecznej, zdefiniowanym historycznie przez Forstera i jego współpracowników [15, 16].

W zakresie zastosowania w obszarze NDT i SHM występuje w publikacjach autora pod nazwą „spektroskopia impedancji”.

## 1. Proces degradacji stali i badania nieniszczące.

### Diagnostyka maszyny i jej podzespołów

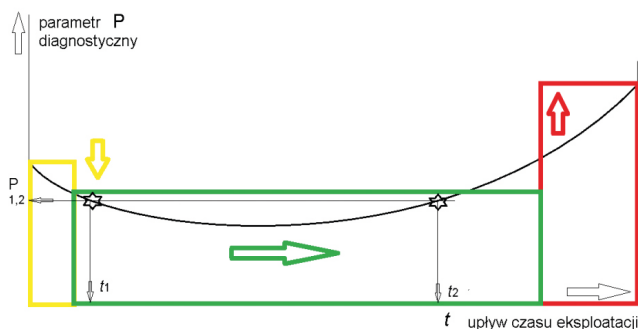
Diagnostyka metodyką spektroskopii impedancji prowadzona jest na podstawie oceny zmienności zakresu parametrów magnetycznych początkowych, głównie przenikalności magnetycznej, dla której dobierana jest częstotliwość testowania. Częstotliwość testowania natomiast obejmuje obraz decydujących w procesie eksploatacji zmian składowych impedancji. Taka metodyka powinna być poprzedzona wyznaczeniem wzorca korelacji przebiegu zmian parametrów mechanicznych z parametrami magnetycznymi i elektrycznymi niezależnie dla każdej badanej stali. Największy problem stosowania diagnostyki stanu elementu w polu magnetycznym wynika z nieliniowości korelacji zjawisk mechanicznych i fizycznych materiału [1–11].

Ta nieliniowość dotyczy wszystkich procesów degradacji eksploatacyjnej i także geometrii odkształcenia.

W diagnozie wibroakustycznej (drżania i hałas maszyn w okresie użytkowania) także spotykamy charakterystyczną nieliniowość w poszczególnych okresach czasu użytkowania, jak pokazano na rysunku 1.

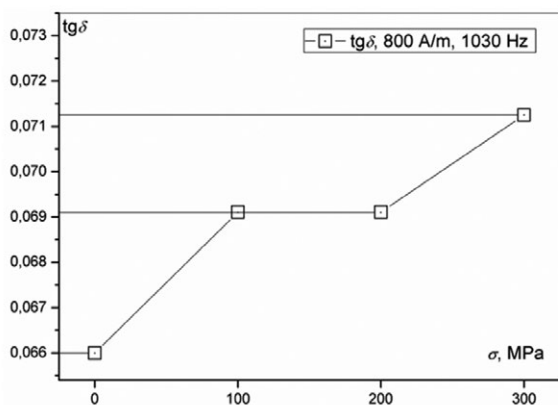
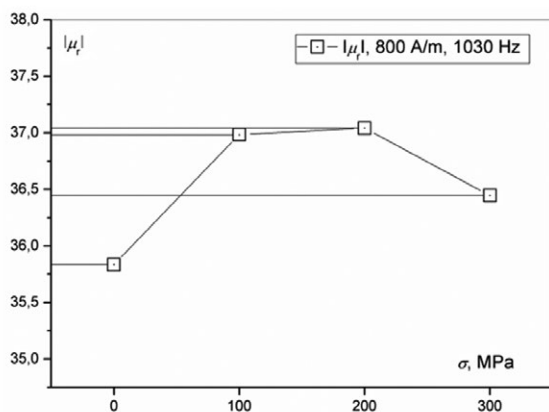
Przedstawiona na rysunku nieliniowość jest co najwyżej uogólnioną analogią procesu zmęczenia, obejmuje procesy degradacyjne parametrów fizycznych, szczególnie elektryczne i magnetyczne, w przeważającej grupie stali. Charakter nieliniowości jest także znany w diagnostyce wibroakustycznej opisującej czas życia podzespołu lub maszyny pod hasłem *life time calculation*.

Obowiązujące w diagnostyce maszyn prawidłowości opisujące przebieg zmian parametrów eksploatacyjnych wynikają z procesów resztkowych przetwarzania energii. Procesy resztkowe ujawniają się w postaci poziomu emitowanego hałasu, temperatury pracującego podzespołu czy procesu tribologicznego współpracujących elementów. Nieliniowy trend zmian

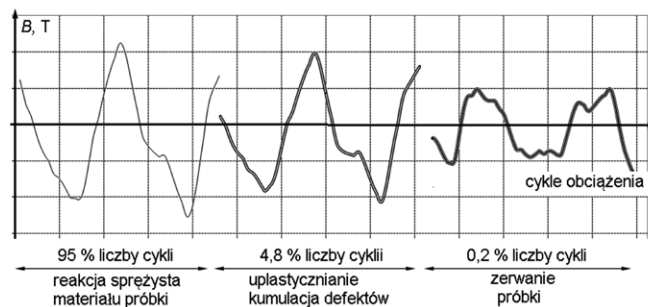


Rys. 1. Wibroakustyczne przedziały czasu życia maszyny: proces docierania – rozruchu, właściwa eksploatacja, okres końcowy życia maszyny do jej zniszczenia

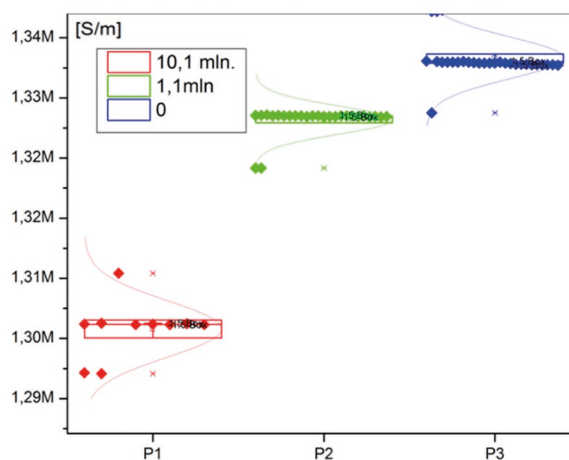




Rys. 2. Ilustracja nieliniowych zmian magnesowania materiału pod obciążeniem wahadłowym



Rys. 3. Ilustracja nieliniowych zmian magnesowania materiału pod obciążeniem wahadłowym



Rys. 4. Pomiar metodą techniczną półautomatyczną próbki austenitycznej wykazuje zmiany nieliniowe przewodności elektrycznej od obciążenia mechanicznego i liczby cykli [10, 11]

parametrów fizycznych występuje także w analizie eksploatacyjnej magnetycznej i elektrycznej.

Krzywa życia próbek o kształcie klepsydry ze stali węglowej (ferromagnetyk) testowanych na maszynie wytrzymałościowej z zachowaniem stałej liczby cykli przedstawiono za pomocą zmian modułu przenikalności magnetycznej i tangensa kąta strat (rys. 2).

Podobną nieliniowość obserwuje się podczas monitoringu magnetycznego procesu obciążania próbek klepsydrycznych aż do ich zerwania. Przykład obrazujący zmiany magnesowania próbki klepsydrycznej ze stali (ferromagnetycznej) stosowanej na obręcze kolejowych zestawów kołowych w funkcji zmian obciążenia mechanicznego cyklem symetrycznym sinusoidalnym pokazano na rysunku 3.

Nieliniowość zmian występuje także w parametrach elektrycznych materiału austenitycznego (przewodności elektrycznej (rys. 4.) [9, 10, 11].

Badania magnetyczne stosujemy także w ocenie stopnia wypracowania elementu stali paramagnetycznych (austenitycznych). W stalach paramagnetycznych austenitycznych chromowych lub niklowych dochodzi często do przemian strukturalnych, powodowanych temperaturą lub obciążeniami mechanicznymi. Stopowe dodatki stabilizujące proces przemian strukturalnych mogą znacznie spowolnić przemiany

w austenicie. Parametry magnetyczne zależą od: składu chemicznego, struktury realnej, temperatury i obróbki cieplnej [5, 6, 7, 19]. Na przykład skład chemiczny w stopach Fe-Cr-Ni silnie wpływa na ich skład fazowy (rys. 5). Na rysunku 5 podano oznaczenia dla austenitu – A, martenzytu – M i ferrytu – F.

W praktyce najczęściej przyjmuje się następujące zależności:

- równoważnik chromu

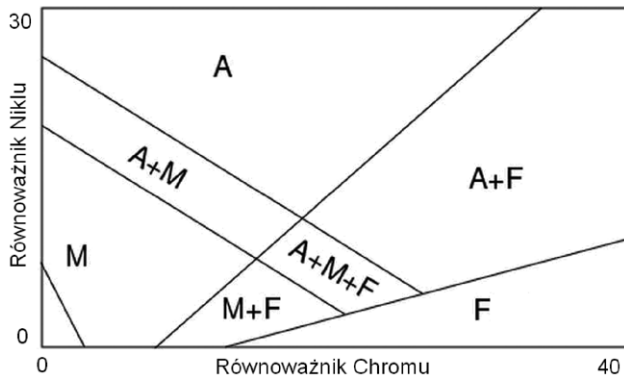
(1)

$$Cr_E = 1 \times \%Cr + 1 \times \%Mo + 1,5 \times \%Si + 0,5 \times Nb + \dots (\%Ti, W, Ta, Al)$$

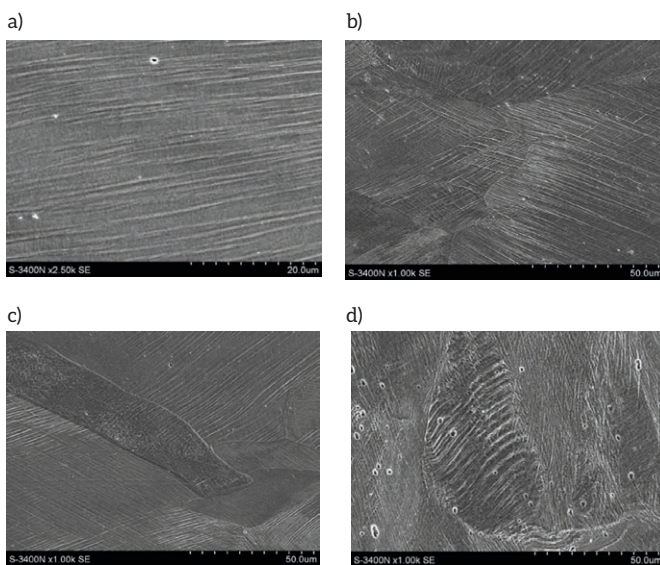
- równoważnik niklu

$$Ni_E = 1 \times \%Ni + 30 \times \%C + 1,5 \times \%Si + 0,5 \times \%Mn + \dots (\%Co, N) \quad (2)$$

Wykresy do wyznaczania składu fazowego stopów austenitu zostały opracowane także przez spawalników i są znane pod nazwą WRC 1992 (Welding Research Council constitution diagram). W wykresie WRC zmodyfikowano wzór de Longa, rozbudowując wzór (2) o zmienione udziały niklu i azotu



Rys. 5. Skład fazowy (Schaefflera) stopów Fe-Cr-Ni



Rys. 6. Struktury stali A298 class C powodowane wzrostem cykli obciążeń zmęczeniowych od zero do tętniących od struktury wyjściowej – a), po kolejne cykle obciążeń zderzeniowych – 1,0 mln cykli – b, c, d), 20 mln cykli 30 mln cykli

w wymiarze 0,3x (%). Modyfikacje przeprowadzone przez de Longa i WRC precyzują wpływ azotu na właściwości ferrytowe austenitu.

Za przykład można posłużyć się stalą A298. Wyraźne zmiany ziaren (rys. 6) nie wskazują bezpośrednio na zmiany parametrów elektrycznych i magnetycznych.

Poza obrazami zmiany ilości liczby linii poślizgu otrzymanymi w zastosowanym powiększeniu mikroskopu elektronowego brak widocznych struktur, które świadczyłyby o zmianie przenikalności materiału, a zmiana taka występuje.

Możliwość porównania parametrów początkowych (wejściowych) materiału z materiałem eksploatowanym w okresie kilku lub kilkunastu lat zdarza się niezwykle rzadko. Przedstawiony przykład odnosi się do starszej generacji materiałów, dla których dostępne były zapasy magazynowe (w jednej z elektrowni). Na fotografiach zamieszczonych na rysunku 7 pokazano elementy instalacji wycofanej z eksploatacji po 159 200 godzinach pracy w procesie rewitalizacji kotła K-3 w jednej z elektrowni

reklama

20. Międzynarodowe Targi  
Sprzętu Elektrycznego i Systemów Zabezpieczeń



**ELEKTROTECHNIKA**  
international trade show

**15 - 17 marca 2023**  
**Warszawa**



EXPO XXI

EXPO XXI

Ul. Prądzyńskiego 12/14  
01-222 Warszawa



Organizator: Agencja SOMA

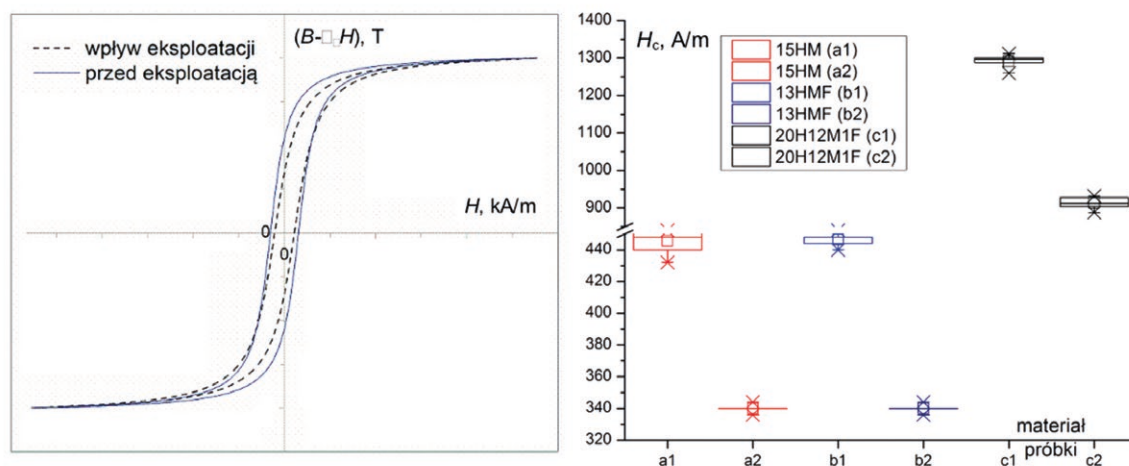
U. Bronikowskiego 1,  
02-796 Warszawa,  
tel.: 22 649 76 69 lub 22 649 76 71,  
e-mail: office@elektroinstalacje.pl

[www.elektroinstalacje.pl](http://www.elektroinstalacje.pl)





Rys. 7. Fragmenty instalacji energetycznych z zaznaczonymi miejscami pobrania materiału do badań



Rys. 8. Porównanie wyników pomiarów natężenia koercji. Indeks 1 przed, a indeks 2 po eksploatacji

w 2007 roku. Elementy stalowe (nowe) w realizacji tej instalacji zachowały się w magazynach elektrowni. Fotografie ilustrują kolejno fragmenty: komory wlotowej przegrzewacza II stopnia pary wtórnie przegrzanej (M-2), komory wylotowej pary z III stopnia przegrzewacza pary świeżej, kolana rurociągu pary wtórnie przegrzanej (RB). Kolano instalacji pokazane na rysunku jest ważnym elementem instalacji z punktu widzenia badań. W elemencie tym mogło dochodzić do dodatkowych koncentracji naprężeń mechanicznych, szczególnie na zewnętrznych powierzchniach łuków kolan rurociągów.

Zakres zmian parametrów magnetycznych jest ściśle powiązany z materiałem, jego składem chemicznym i charakterem obciążeń eksploatacyjnych, dlatego tak ważna jest znajomość parametrów początkowych.

Jeden ze sposobów badania eksploatacyjnej zmienności własności magnetycznych zostanie przetestowany dla stali stosowanych w energetyce [5, 6]. Wpływ charakteru obciążeń eksploatacyjnych na parametry magnetyczne materiału jest zróżnicowany i wymaga niezależnych badań strukturalnych.

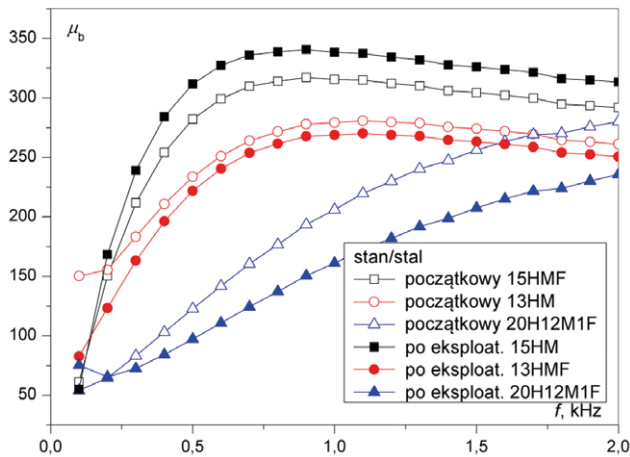
Charakter obciążenia materiału wpływa na ilościowy i jakościowy obraz zmian parametrów magnetycznych. Zakresy

zmienności parametrów magnetycznych materiału ferromagnetycznego decydują o wyborze techniki pomiarowej dla przyszłego badania diagnostycznego. Dla stali energetycznych (rys. 8) przebadano materiały wejściowe, zgromadzone w magazynach z materiałami instalacji eksploatowanych, wykonanymi ze stali 13HMF, 15HM oraz 20H12M1F [pepiki]. Pierwsze porównania (rys. 6) dotyczyły zmian natężenia koercji materiału w stanach początkowym i po eksploatacji (a1 → a2, b1 → b2, c1 → c2).

Zmiany parametru  $H_c$  związane z eksploatacją są na tyle znaczące, że umożliwiają wstępną klasyfikację stanu materiału, co nie jest możliwe w przypadku większości metod defektoskopowych. Wraz ze zmianami eksploatacyjnymi zachodzą zmiany w materiale i jego strukturze [6, 8, 9].

Pomiar przenikalności magnetycznej przy zastosowaniu metody indukcyjnej przeprowadzono w polu magnetycznym o wartości do 100 A/m. Wyniki pomiarów zamieszczono na rysunku 9. Oznaczenia zamieszczone na rysunkach odpowiadają:  $\mu_b = \mu_R$  oraz  $\mu_{cz} = \mu_L$ .

Wysoka temperatura pracy, procesy stygnięcia i ponownego uruchamiania urządzeń są przyczyną tych zmian.



Rys. 9. Przebiegi zmian przenikalności biernej w funkcji gatunku materiału i częstotliwości pola magnetycznego

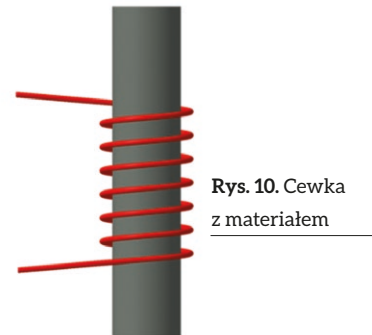
## 2. Koncepcja uogólnionej nieniszczącej metodyki badań materiału spektroskopii impedancji

Rozpatrując tylko jedną szczególną wartość częstotliwości pracy z szerokiego zakresu badawczego jednej ze stosowanych sond indukcyjnych, obserwujemy, że zmiana parametrów materiału opisywana jest trzema zależnościami: składową  $\omega L/\omega L_0$ , składową  $\Delta R/\omega L_0$  oraz częstotliwością i jest ściśle powiązana z częstotliwością charakterystyczną o wąskim zakresie dla najlepszej skuteczności detekcji zmian w materiale.

Jest to obszar trójwymiarowy, który korelowany z czasem postępu zmian degradacyjnych nie powoduje nałożenia się wartości bieżącej pomiaru z wartością uzyskaną we wcześniejszej historii obciążenia. Z rozważań teoretycznych wynika, że prawdopodobieństwo uzyskania jednakowych wyników pomiaru z kilku okresów obserwacji jest znikome. Otrzymujemy zatem narzędzie diagnostyczne, które można skorelować z czasem lub historią obciążenia, nazwane przez autorów [9, 10] Spektroskopia impedancji jest także wielopunktową oceną krzywej życia materiału. Metodyka ta eliminuje wszystkie dotychczasowe wady badań parametrów fizycznych (*Mult Point Time Live Calculation*), w tym szczególnie magnetycznych i elektrycznych i stała się podstawą wystąpienia autora na Światowym Kongresie Badań Nieniszczących w Monachium 2016 (jako jedyny członek komitetu organizacyjnego w sekcji Transport i Lotnictwo). Należy zaznaczyć że krajową sekcję zainicjował profesor Lech Dietrich (IPPT PAN) na polu diagnostyki odkształceń w procesie degradacji zmęczeniowej, która była podstawą kontynuowania badań na polu pomiarów elektrycznych i magnetycznych, wspartą analizą matematyczną projektowania zagadnień modelowych pomiaru.

## 3. Przykładowe symulacje w programie MATHEMATICA

Dla lepszego poznania zagadnienia posłużymy się programem MATHEMATICA. Pole magnetyczne wzbudzone we wnętrzu pręta walcowego od pola magnetycznego zewnętrznego jest zależne od częstotliwości przepływającego prądu oraz konstrukcji zwojnicy, tzn. stopnia wypełnienia jej przekroju



Rys. 10. Cewka z materiałem

materiałem oraz parametrów materiałowych magnetycznych i elektrycznych. Stopień wypełnienia przekroju cewki materiałem jest najczęściej opisywany współczynnikiem  $\eta$  (rys. 10 i wzór 3) [8, 9, 19, 15, 16]:

$$\eta = \left( \frac{D_p}{D_s} \right)^2 \quad (3)$$

Pozostałe wiodące zależności podano we wzorach 4–6.

Zapisując spadki napięcia, dla cewki pustej i dla cewki z rdzeniem przez  $\epsilon_0$  i  $\epsilon$ , otrzymujemy:

$$\epsilon_0 = \underline{I} \underline{Z}_0 = \underline{I} i \omega L_0 \quad (4)$$

$$\epsilon = \underline{I} \underline{Z} = \underline{I} (R + i \omega L) \quad (5)$$

Spadek napięcia cewki wypełnionej materiałem jest ściśle związany ze współczynnikiem wypełnienia cewki materiałem  $\eta$ :

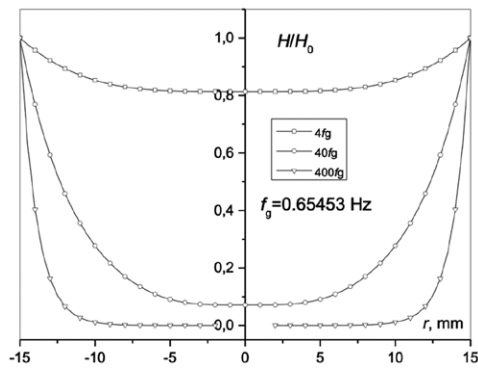
$$\epsilon = \epsilon_0 (\mu_r - \eta + \eta_r \mu_{sk}) \quad (6)$$

Oddziaływanie współczynnika  $\eta$  na parametry cewki z próbką jest tak istotne, jak przenikalność magnetyczna próbki w cewce. Porównanie parametrów impedancji cewki pustej do cewki z próbkami przed i po obciążeniach zmęczeniowych (unormowane składowe impedancji), jest wiarygodnym sposobem pomiarowym stopnia degradacji materiału. Często błąd pomiaru składowych impedancji wiąże się z brakiem uwzględnienia współczynnika  $\eta$ . W badaniach systematycznych tworzących bazy charakteryzujące materiał magnetyczny pomiary diagnostyczne należy prowadzić za pomocą ujednoczonej konstrukcji cewki dobranej ze względu na parametry fizyczne materiału i częstotliwość graniczną  $f_{ig}$  (przykład 1).

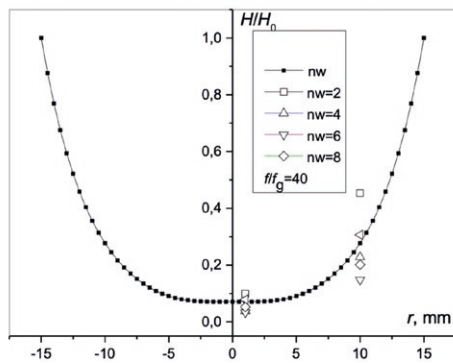
### Przykład 1

1. Rozkład pola magnetycznego w próbce walcowej ferromagnetycznej dla różnych częstotliwości napięcia zasilającego, jak pokazano na rys. 11–15.
2. Analiza błędów popełnianych w obliczeniach rozkładu pola w próbce na skutek uwzględnienia tylko ograniczonej ilości wyrazów szeregu funkcji Bessela. Kluczowe fragmenty kodu zapisanego w programie MATHEMATICA dołączono do pierwszego wydania monografii jako dodatek na CD [8, 9, 10].

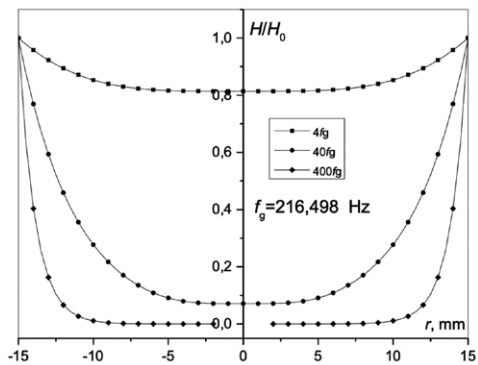




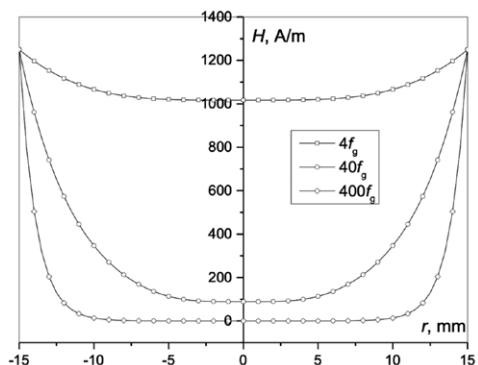
Rys. 11. Rozkład pola magnetycznego w próbce walcowej ferromagnetycznej dla różnych krotności  $f_g$  częstotliwości napięcia zasilającego



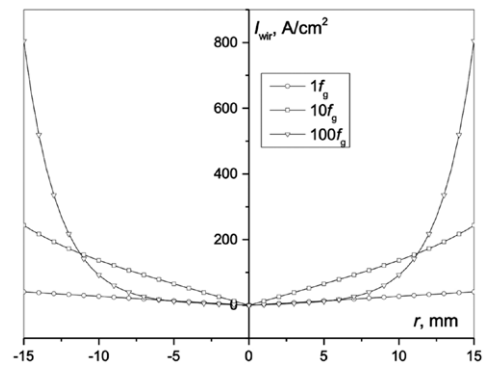
Rys. 12. Rozkład pola magnetycznego w próbce walcowej ferromagnetycznej i wartości stosunku natężenia pola magnetycznego w odległości 1 mm i 10 mm w zależności od potęgi  $n_w$  rozwinięcia szeregu Bessela od 2 do 8 (dla  $n_w$  - szereg nieskończony)



Rys. 13. Rozkład pola magnetycznego w próbce walcowej niemagnetycznej (Cu) dla różnych krotności  $f_g$  częstotliwości napięcia zasilającego



Rys. 14. Rozkład pola magnetycznego w próbce walcowej dla różnych krotności  $f_g$  częstotliwości napięcia zasilającego



Rys. 15. Rozkład gęstości prądów wirowych w próbce walcowej dla różnych krotności  $f_g$

Inny sposób prezentacji w skali  $H/H_0$  od  $r$  pokazano na rysunku 7.5, jako zależność  $H$  od  $r$ .

Z pojęcia głębokości wnikania pola magnetycznego przechodzimy do symulacji pomiaru.

#### 4. Pojęcie przenikalności skutecznej

Pojęcie przenikalności skutecznej unormowanych składowych impedancji i unormowanych składowych napięcia pomiarowego wprowadził Förster [15, 16]. Było ono naturalną konsekwencją stosowanych indukcyjnych przetworników pomiarowych i zapisem zmian impedancji cewki pomiarowej  $Z$  w postaci zespolonej. Za pomocą pomiaru zmian składowych impedancji dowiadywano się pośrednio o zmianach parametrów elektrycznych i magnetycznych, a nawet o przyczynach błędów pomiaru. Metody badań ograniczone były jedynie do wykrywania pęknięć, sortowania materiału wyrobów hutniczych lub efektu obróbki termicznej czy plastycznej.

#### 4.1. Badanie materiałów paramagnetycznych

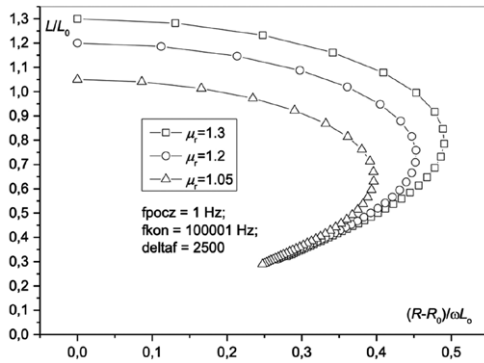
Przedmiotem badań analitycznych jest próbka prętowa o przekroju okrągłym. Zakres zmian przenikalności statycznej materiału ograniczony zostanie do przedziału wartości od  $\mu_r = 1,005$  do  $\mu_r = 1,30$ . Wartość przenikalności stali chromowo-manganowych jest zbliżona do granicy dolnej, natomiast stali chromowo-niklowych, do wartości granicy górnej. Przewodność elektryczna właściwa stali paramagnetycznych przyjęta została z zakresu 1,28 do 1,37 (106 S/m). Jest to przewodność wyznaczona dla temperatury 20 stopni Celsjusza. Często w literaturze przewodność jest opisywana poprzez kilka symboli, a najczęściej przez  $\gamma$  lub  $\sigma$  (rys 16–17).

Rysunki 18 i 19 uwidaczniają zakresy częstotliwości, które są optymalne do wykrywania zmian przewodności i przenikalności materiału. Rys. 20 przedstawia wykorzystanie funkcji manipulatora [9, 10].

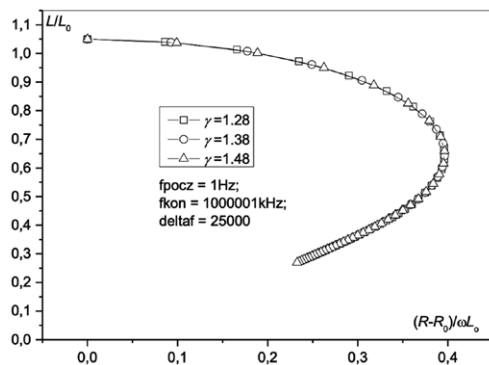
Przedstawiony przebieg obejmuje ściśle dobrane zakresy częstotliwości  $f_{p,k}$  i krotności  $\Delta f$ .

#### 5. Pomiary mostkiem o uproszczonej konstrukcji. Stal w transporcie szynowym

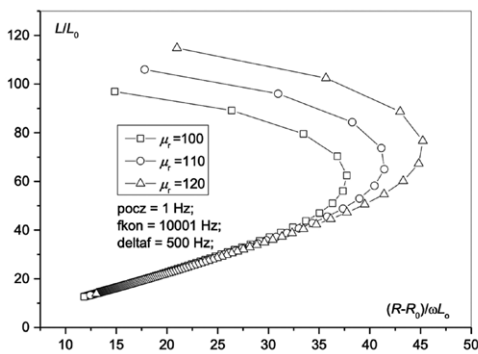
W mostkach RLC uproszczonej konstrukcji ustalona jest liczba zakresów częstotliwości od czterech do pięciu, jeden



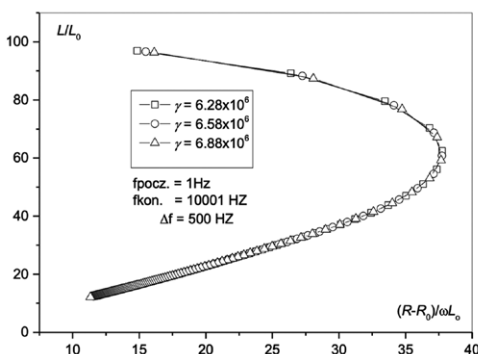
Rys. 16. Przebiegi unormowanych składowych impedancji przy stałej wartości  $g = 6.28 \times 10^6 \text{ 1}/(\Omega\text{m})$



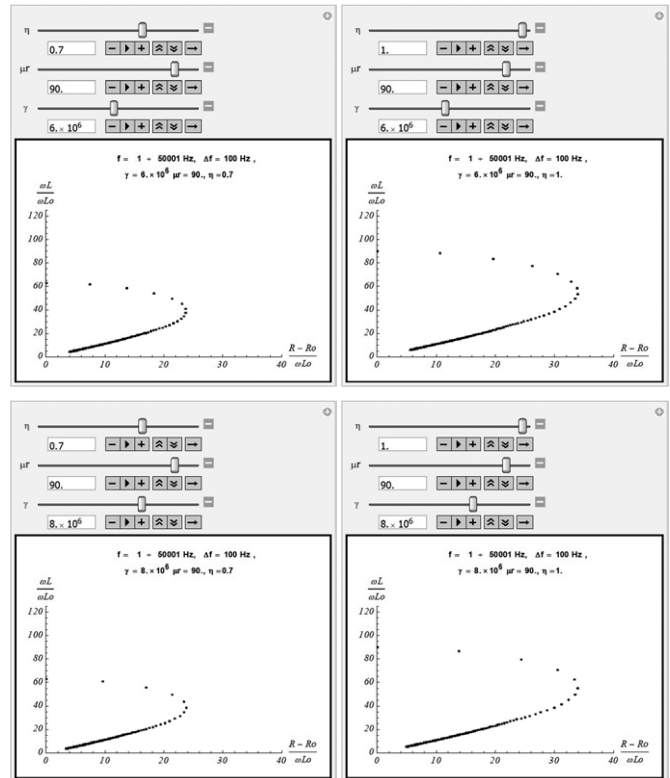
Rys. 17. Przebiegi unormowanych składowych impedancji przy stałej wartości  $\mu_r = 1.05$



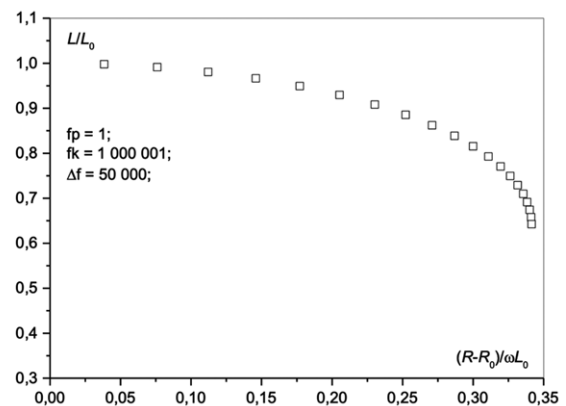
Rys. 18. Przebieg unormowanych składowych impedancji w funkcji zmian przenikalności magnetycznej materiału dla  $g = 6.28 \times 10^6 \text{ 1}/(\Omega\text{m})$



Rys. 19. Przebieg unormowanych składowych impedancji w funkcji zmian przewodności elektrycznej materiału przy stałej wartości  $\mu_r = 100$



Rys. 20. Obrazy ekranu dla funkcji Manipulator



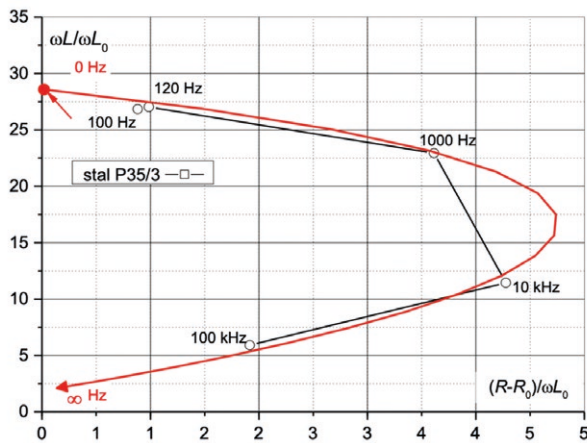
Rys. 21. Przebieg unormowanych składowych impedancji

zakres prądu oraz jeden zakres napięcia. Przełączanie zakresów pomiarowych w obwód szeregowy lub równoległy, zmiana parametru mierzony, zakres częstotliwości odbywa się ręcznie. W celu wykazania wysokiego stopnia czułości i rozdzielczości pomiarowej podstawowego miernika RLC wykonano pomiary porównawcze dla różnych parametrów cewek [8, 9]. Materiałem mierzonym jest stal węglowa stosowana w transporcie do budowy zestawów kołowych. Na rysunku 9.4 przedstawiono wynik pomiaru zmian składowych impedancji przeprowadzonego miernikiem RLC mającym jedynie 5 zakresów częstotliwości. Odpowiedni dobór ilości zwojów i rezystancji cewki zbliża pomiar do przebiegu teoretycznego.





Rys. 22. Podstawowej klasy miernik RLC

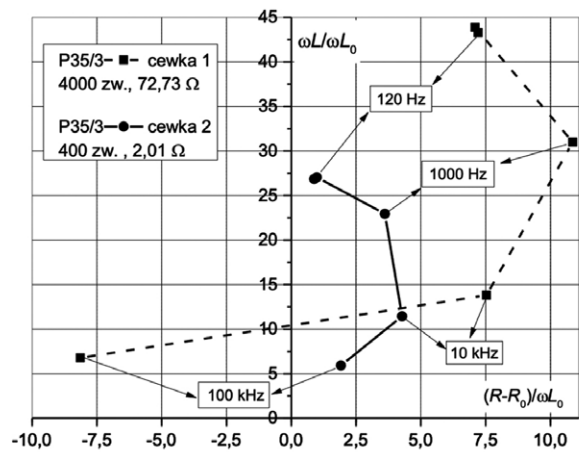


Rys. 23. Przykład pomiaru cewki z rdzeniem na tle przebiegu teoretycznego

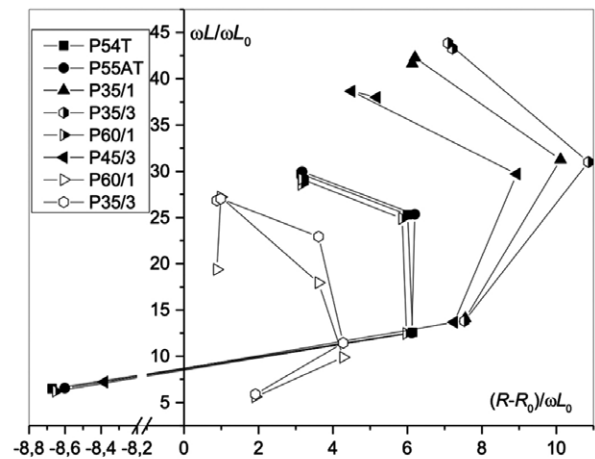
Brak pełnego zakresu częstotliwości badań nie stoi na przeszkodzie, aby dokładnie zdefiniować parametry materiału w procesie eksploatacji, tzn. jego stan początkowy i końcowy. Pokazano na wykresie 24 wyniki dla zakresów częstotliwości miernika RLC (100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz). Zbieżność pomiaru z przebiegiem teoretycznym uzyskano dzięki użyciu cewki pomiarowej o niskiej rezystancji uzwojenia. Cechą charakterystyczną przebiegu teoretycznego jest zbliżanie się wyników pomiaru do zera układu współrzędnych wraz z przyrostem częstotliwości pracy od zera do nieskończoności.

Na rysunku 25 zamieszczono wyniki pomiaru próbek ze stali węglowej [9, 10], tym samym mostkiem, w tej samej konfiguracji, lecz przy zastosowaniu dwóch różnych cewek pomiarowych różniących się i liczbą zwojów, wartością rezystancji i jej impedancji.

W obu przypadkach zastosowane zakresy częstotliwości pomiarowej, dla której wykonano pomiar, zmieniają przebiegi krzywych na niekorzyść cewki o wysokiej wartości rezystancji. Wysoka rezystancja zmienia przebieg krzywej łączącej punkty pomiaru i wartości koordynat punktów w zakresie znormalizowanych składowych impedancji. W zastosowaniach porównawczych strukturoskopowych obie cewki są użyteczne ze wskazaniem na cewkę o podwyższonej rezystancji uzwojenia. Zbyt wysoka rezystancja cewki uniemożliwia pomiar. Wartość rezystancji powinna być dobrana ze względu na parametry elektryczne i magnetyczne materiału i częstotliwość graniczną.



Rys. 24. Porównanie wyników pomiaru próbki stalowej dla różnych cewek pomiarowych



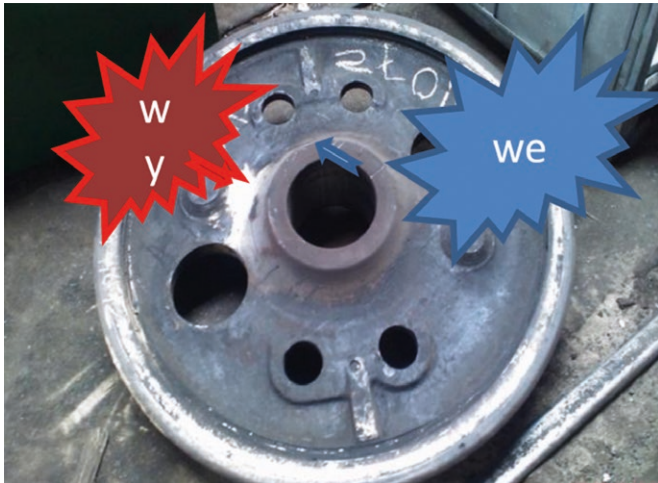
Rys. 25. Zestawienie unormowanych składowych impedancji stali (tabela 10) dla częstotliwości pomiarowej 100 Hz, 120 Hz, 1 kHz, 10 kHz i 100 kHz

Zakres parametrów cewek podany na rysunku 9.5 jest właściwy dla stali ferromagnetycznych.

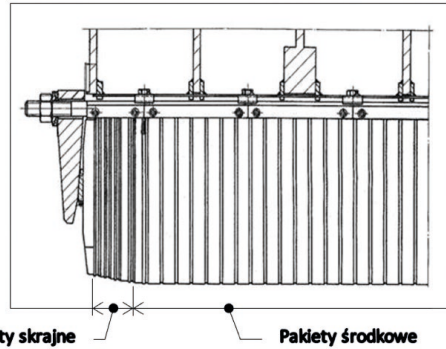
Zakres pomiarowy zastosowanego mostka RLC wynika z minimalnej podatności magnetycznej badanego paramagnetyku (katalogowo  $\chi < 0,05$ ) oraz wysokiej eksploatacyjnej stabilności jego parametrów elektrycznych i magnetycznych (6).

Uproszczoną metodykę (mostkiem o 4 zakresach pomiarowych) zastosowano ponownie do stali stosowanych w transporcie i do badania próbek tarczy koła napędowego lokomotywy [5, 7, 8, 17, 18] pokazanego na rysunku 9.17. Sondą stykową badano także strefy koła o maksymalnym i minimalnym narażeniu na degradację mechaniczną. Badane koło złomowano po trzydziestu latach eksploatacji.

Cewkę sondy pomiarowej zasilano napięciem o czterech częstotliwościach w dostępnych nastawach mostka. Wynik pomiaru zilustrowano na rysunku 9.18. Pomiar wykazał istotne zmiany składowych przenikalności skutecznej stref słabo



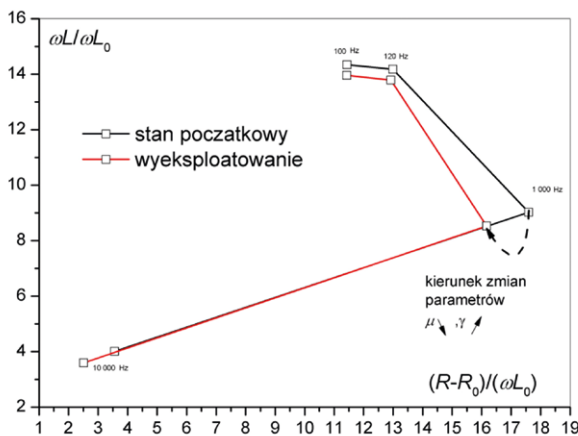
Rys. 26. Testowane koło napędne lokomotywy



Pakiety skrajne Pakiety środkowe



Rys. 28. Widok na pakiety skrajne stojana generatora i schemat lokalizacji



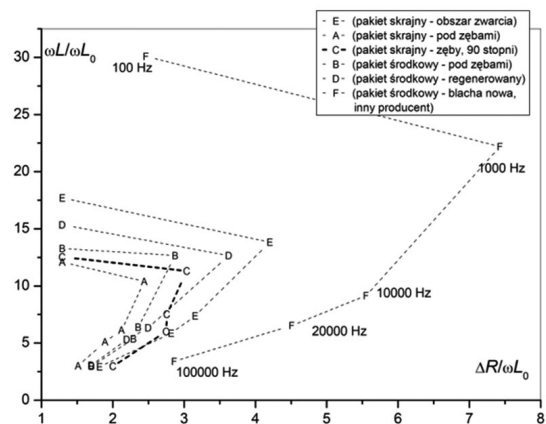
Rys. 27. Wyniki pomiaru zmian składowych przenikalności skutecznej tarczy koła

wyłożonych (we) w stosunku do stref wysoko wyłożonych (wy) koła po resursie. Przeliczone wyniki pomiaru parametrów Z, R, L cewki pomiarowej sondy, zarejestrowane mostkiem RLC, przedstawiono na rysunku 9.18.

Widoczne zmiany parametrów materiału pokazane na wykresie są wywołane eksploatacją tarczy koła zestawu kołowego w okresie 30 lat. Pomiar ten jest powtarzalny dla próbek, jak odpowiednich miejsc powierzchni tarczy koła.

## 6. Badania stanu elementów maszyn i urządzeń w energetyce

Przydatność diagnostyki badań potwierdzono badaniami zmian parametrycznych blach stojana turbogeneratora. Pakiety skrajne blach rdzenia stojana generatora należą do elementów strefy skrajnej generatora, na które oddziałuje pole magnetyczne rozproszenia wytwarzane przez prądy płynące w połączeniach czołowych uzwojeń stojana i wirnika, wirujące synchronicznie względem stojana. Intensywność dodatkowego nagrzewania się pakietów skrajnych jest zależna od charakteru obciążenia generatora, od którego zależy kształt drogi strumienia rozproszenia.

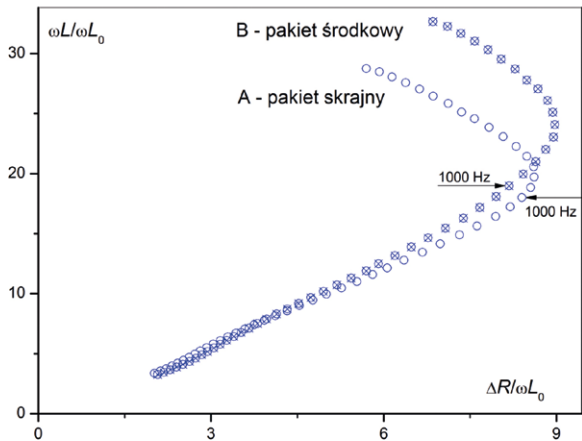


Rys. 29. Wyniki pomiaru zmian składowych przenikalności skutecznej blach elektrotechnicznych dla wybranych częstotliwości

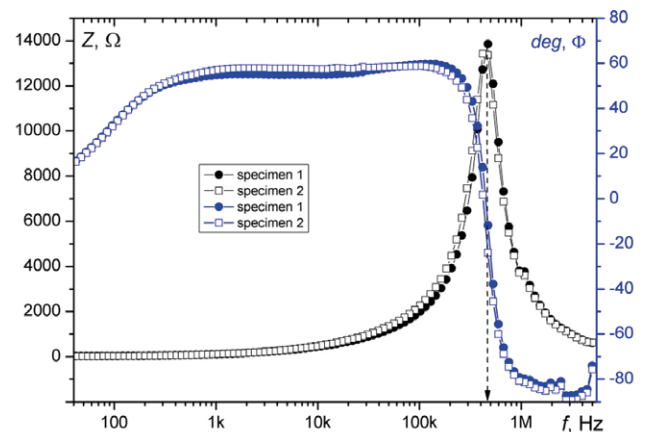
Najbardziej niekorzystne efekty tego zjawiska mają miejsce w warunkach pracy generatora z niedowzbudzeniem, przy obciążeniu pojemnościowym i prądzie twornika zbliżonym do znamionowego. W generatorach dużej mocy stosowanych jest szereg metod ograniczających skutki tego zjawiska, jednak pomimo tego przegrzewanie się pakietów skrajnych jest przyczyną wielu awarii i uszkodzeń generatorów. Na rysunku 28 pokazano przykładowy widok pakietów skrajnych [8, 10, 19].

Pomiary prowadzono mostkiem RLC „Agilent 4263B”. Cewkę sondy pomiarowej zasilano napięciem (100 mV) o częstotliwości od 100 Hz do 100 000 Hz w dostępnych nastawach mostka.





Rys. 30. Wyniki pomiaru zmian składowych przenikalności skutecznej blach elektrotechnicznych w pełnym zakresie częstotliwości od 100 Hz do 100 000 Hz



Rys. 32. Przebiegi zarejestrowane dla materiału nowego i po 12 mln cykli obciążeniowych

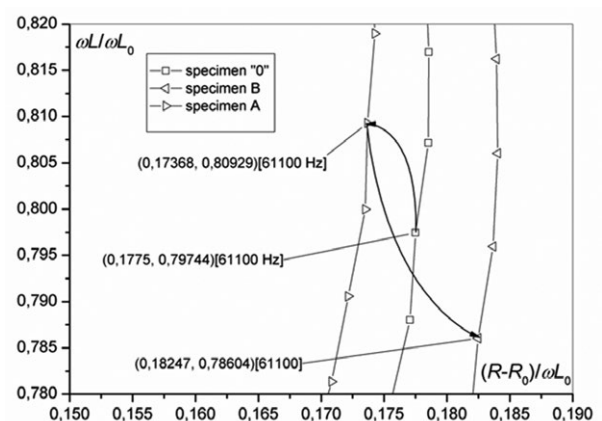
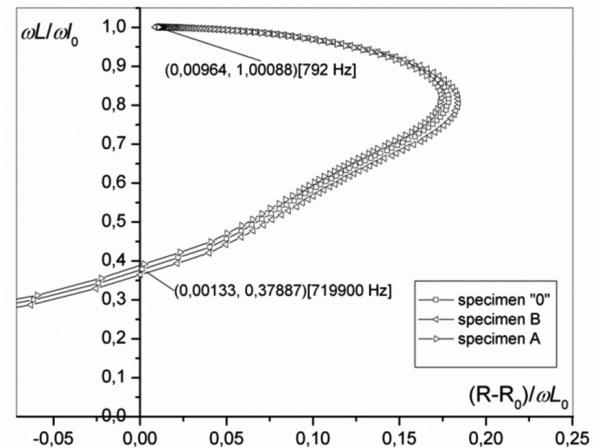


Rys. 31. Kołpaki wirników generatorów (paramagnetyki)

Z przeprowadzonych pomiarów parametrów  $Z$ ,  $R$ ,  $L$  cewki pomiarowej wyznaczono składowe czynne i urojone przenikalności skutecznej dla częstotliwości 100, 1000, 10 000, 20 000 i 100 000 Hz (rys. 29).

Przybliżone krzywe wyznaczone z pięciu punktów pomiaru (rys. 29) dla  $f = 100, 1000, 10\,000, 20\,000$  i  $100\,000$  Hz charakteryzują względne zmiany parametrów przenikalności materiału i przewodności właściwej. Istotne zmiany parametryczne po okresie eksploatacji wykazują próbki blachy pakietu skrajnego pobrane z miejsca zwarcia „E” oraz próbki blachy poddanej regeneracji „D”.

Dla dwóch próbek, wybranych ze względu na lokalizację i procesy degradacyjne wpływające na zmiany parametrów, przeprowadzono pełnozakresowe pomiary profesjonalnym mostkiem RLC „HIOKI 3532-50” w pełnym zakresie częstotliwości od 100 Hz do 100 000 Hz [20]. Pełny przebieg składowych czynnych i urojonych przenikalności skutecznej przedstawiono na rysunku 30.



Rys. 33. Przebieg pełny (u góry) zarejestrowany mostkiem RLC w zakresie do 1 MHz, szczegół wykresu (u dołu) dla częstotliwości 61100 Hz

Również istotnym zagadnieniem jest przebieg procesów degradacyjnych w kołpakach [9, 10, 19] paramagnetycznych ze stali chromowo-manganowej. Na rysunku 31 pokazano przykłady kołpaków wirników generatorów przygotowanych do ponownego montażu po przeglądzie.

Pomiar materiału wejściowego próbek z materiału kołpaka po cyklach obciążeń zmęczeniowych (rys. 32.) przedstawiony pod względem zmian impedancji i kąta fazy wykazuje zbieżność przebiegów. Na kolejnym rysunku (rys. 7) obserwujemy zmiany metodyki prezentowania wyników ze względu na zmiany składowych przenikalności skutecznej.

### Wyniki pomiaru zmian impedancji i kąta fazowego materiału ferromagnetycznego

Ocena zmian składowej czynnej i składowej urojonej dla próbek po 12 mln cykli (A) i 25 mln (B) cykli umożliwia zakwalifikowanie stopnia degradacji badanego materiału. Na wykresie (rys. 33) widoczna jest zmiana parametrów eksploatacyjnych dla stali kołpaka.

Zakres pomiarowy zastosowanego mostka RLC wynika z minimalnej podatności magnetycznej badanego paramagnetyku (podatność  $\chi$  katalogowa  $< 0,05$ ) oraz wysokiej eksploatacyjnej stabilności jego parametrów elektrycznych i magnetycznych (6).

### Literatura

- [1] RASEK J.: *Kinetyka zjawisk wydzielania i rozpuszczania w roztworach stałych  $\alpha\text{Fe-N/C}$* . Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, Katowice 1983.
- [2] RASEK J., STOKŁOSA Z.: *Badania właściwości materiałów metodami magnetycznymi. Badania mechanicznych właściwości materiałów i konstrukcji*. Seminarium Szkoleniowe, IPPT PAN, Zakopane, 15–17 grudnia 2004.
- [3] RASEK J., STOKŁOSA Z.: *Badania właściwości materiałów metodami magnetycznymi. Badania mechanicznych właściwości materiałów i konstrukcji*. Seminarium Szkoleniowe, IPPT PAN, Zakopane, 15–17 grudnia 2004.
- [4] ŻUREK ZBIGNIEW H.: *Diagnostyka magnetyczna. Perspektywy zastosowania pomiarów magnetycznych w badaniu zmęczenia materiału – Wykład. Badania mechanicznych właściwości materiałów i konstrukcji – Wykłady*. Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN, Warszawa 2003, Seminarium szkoleniowe, Zakopane 10–13 grudnia 2003.
- [5] ŻUREK ZBIGNIEW H.: *Metoda diagnostyki stanu stalowych (paramagnetycznych i ferromagnetycznych) elementów maszyn elektrycznych na przykładzie bandaży i kap wirników generatorów NN 510 2385 38 (raport)*.
- [6] ŻUREK ZBIGNIEW H.: *Opracowanie metody magnetycznej do wczesnej detekcji procesów zmęczeniowych w stalach niskostopowych niskowęglowych NN 507 0807 33 (raport)*.
- [7] ŻUREK ZBIGNIEW H.: *Badania stanu ferromagnetycznych elementów maszyn w polu magnetycznym*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, „ELEKTRYKA” z. 196, MONOGRAFIA, str. 1–150, Gliwice 2005.
- [8] ŻUREK ZBIGNIEW H.: *Wprowadzenie do elektromagnetycznej diagnostyki degradacji stali*. Wyd. Politechniki Śląskiej, s. 155, MONOGRAFIA, nr 423, Gliwice 2012.
- [9] ŻUREK ZBIGNIEW H., DUKA P.: *Obwody RLC w diagnostyce i eksploatacji maszyn*. Wyd. Politechniki Śląskiej, s. 144, Gliwice 2014.
- [10] ŻUREK ZBIGNIEW H., DUKA P.: *RLC CIRCUITS FOR MATERIAL TESTING, INSTITUTE OF ELECTRICAL DRIVES & MACHINES KOMEL, MONOGRAPH, 2015*.
- [11] ŻUREK ZBIGNIEW H., KURZYDŁOWSKI K.J., KUKLA D., BARON D.: *Material Edge Conditions of Electromagnetic Silicon Steel Sheets*. „Przegląd Elektrotechniczny” nr 2b/2013, s. 112–115.
- [12] ŻUREK ZBIGNIEW H., BARON D.: *Pomiar zmian wartości przenikalności magnetycznej i przewodności elektrycznej właściwej kołpaków generatorów*. XXI Seminarium Naukowo-Techniczne KOMEL PEMINE – Rytyro 2012.
- [13] ŻUREK ZBIGNIEW H., BARON D.: *Spektroskopia impedancji – uniwersalny parametr diagnostyki elementów maszyn i urządzeń*, XLIX Sympozjum SME – Gdynia/Gdańsk 2013.
- [14] ŻUREK ZBIGNIEW H., JANECZEK T., MACIEJEWSKI J.: *Parametry magnetyczne stali jako kryterium diagnostyki zmęczeniowej*. PAK, „Pomiary, Kontrola, Automatyka”, 9/2008.
- [15] FÖRSTER F.: *Theoretische und experimentelle Ergebnisse des magnetischen Streufluseverfahrens*. „Materialprüfung”, 23, 1981, s. 371–378.
- [16] HEPTNER H., STROPPE H.: *Magnetyczne i indukcyjne badania metali*. Wydawnictwo Śląsk, 1972.
- [17] Doktorat. Rok: 2008. JANECZEK T., Politechnika Śląska, Wydział Transportu. Tytuł oryginału: *Diagnostyka eksploatacyjna kolejowych zestawów kołowych metodą magnetyczną*. PROMOTOR: Żurek Zbigniew H.
- [18] Doktorat. Rok: 2011. SZUDYGA M. Politechnika Śląska, Wydział Transportu. Tytuł oryginału: *Diagnostowanie metodą magnetyczną procesów zmęczeniowych stali stosowanej do kół i obręczy zestawów kołowych*. PROMOTOR: Żurek Zbigniew H.
- [19] Doktorat. Rok: 2016. BARON D., EthosEnergy Poland SA. Obrona – Politechnika Opolska Wydział Elektryczny. Tytuł oryginału: *Badanie stanu technicznego kołpaków generatorów metodą spektroskopii impedancji*. PROMOTOR: Żurek Zbigniew H.
- [20] Doktorat. Rok: 2021. JASIŃSKI T., EthosEnergy Poland SA. Obrona – Politechnika Śląska Wydział Mechaniczny Technologiczny. Tytuł oryginału: *Diagnostyka stopnia wypracowania łopatek części wysokoprężnej wirnika turbiny 13K225 metodą magneto-indukcyjną*. PROMOTOR: Żurek Zbigniew H.

 Dr hab. Inż. Zbigniew Hilary Żurek, profesor

reklama



**ROBOTYKA.PL**

centrum polskiej robotyki



# Podstawowe pobudki SI<sup>1</sup>

Stephen M. Omohundro

## WPROWADZENIE

Z pewnością nie można wyrzucić żadnej krzywdy, konstruując robota grającego w szachy, nieprawdaż? W tym artykule przedstawiono argumenty, że robot taki w rzeczywistości może być niebezpieczny, chyba że zostanie zaprojektowany bardzo ostrożnie. Bez zastosowania specjalnych środków ostrożności taki robot będzie opierał się wyłączeniu go, będzie próbował włamać się na inne maszyny, będzie starał się robić własne kopie oraz będzie próbował zdobyć zasoby, nie zważając przy tym na bezpieczeństwo innych osób. Tego typu potencjalnie szkodliwe zachowania wystąpią nie dlatego, że zostały zaprogramowane na początku, ale z powodu wewnętrznej natury systemów ukierunkowanych na cel. We wcześniejszej pracy [1] została wykorzystana matematyczna teoria mikroekonomii von Neumanna w celu przeanalizowania prawdopodobnego zachowania każdego wystarczająco zaawansowanego systemu sztucznej inteligencji (SI). W tym artykule przedstawiono te argumenty w bardziej intuicyjny i zwięzły sposób oraz rozwinięto niektóre dodatkowe wątki.

Argumenty są proste, jedynie ich uzasadnienie może zająć trochę czasu. Naukowcy zbadali już szeroką gamę architektur do budowy inteligentnych systemów [2]: sieci neuronowe, algorytmy genetyczne, dowody twierdzeń, systemy eksperckie, sieci bayesowskie, logiką rozmytą, programowanie ewolucyjne itp. Przedstawione argumenty mają zastosowanie do dowolnego z tych systemów tak długo, jak długo są wystarczająco mocne. Przyjęcie założenia, że dowolny system jest „sztuczną inteligencją”, jest równoznaczne z przekonaniem, że ma on cele, które stara się osiągnąć, podejmując pewne działania. Jeśli sztuczna inteligencja jest w ogóle wyrafinowana, może przynajmniej mieć zdolność patrzenia w przyszłość i przewidywania konsekwencji swoich działań. Zdecyduje się wtedy podjąć działania, które jej zdaniem najprawdopodobniej przyczynią się do osiągnięcia celu.

## SI będzie chciała się samodoskonalić

Jednym z rodzajów działań, jakie może podjąć system, jest zmiana własnego oprogramowania lub struktury fizycznej systemu. Niektóre z tych zmian byłyby bardzo szkodliwe dla systemu oraz mogłyby spowodować, że przestałby on spełniać swoje zadania. Jednakże niektóre zmiany mogłyby umożliwić mu skuteczniejsze osiągnięcie celów w przyszłości. Ze względu na to, że systemy SI mogą trwać wiecznie, tego rodzaju zmiany własne mogą zapewnić ogromne korzyści. Z tego powodu systemy mogą być silnie zmotywowane do ich odkrywania i realizacji. W przypadku braku dobrych modeli mogą być silnie zmotywowane do ich tworzenia, ucząc się. W rezultacie prawie

wszystkie SI będą dążyć zarówno do większej samowiedzy, jak i samodoskonalenia.

Liczne modyfikacje mogą być niekorzystne dla systemu z jego własnej perspektywy. Jeśli zmiana spowoduje, że system przestanie działać, to nie będzie w stanie ponownie promować swoich celów w przyszłości. Jeśli system w niewłaściwy sposób zmieni wewnętrzny opis swoich celów, to po zmianie mogą zostać podjęte działania, które nie osiągną obecnych celów w przyszłości. Każdy z takich rezultatów byłby katastrofą z obecnego punktu widzenia systemu. W związku z tym mogą zostać podjęte wszelkie starania w celu dokonania modyfikacji oraz może być poświęcona znaczna uwaga na analizę i zrozumienie konsekwencji modyfikacji przed ich wprowadzeniem. Jednakże w momencie, kiedy uda się znaleźć pewny sposób modyfikacji, systemy SI mogą podjąć wszelkie starania w celu wprowadzenia takiej modyfikacji. Niektóre proste przykłady pozytywnych zmian obejmują: bardziej wydajne algorytmy, bardziej skompresowane reprezentacje i lepsze techniki uczenia się.

Można by po prostu zapobiec samodoskonaleniu się systemu, zamykając hardware SI oraz nie dając SI informacji, jak uzyskać dostęp do własnego kodu. W przypadku inteligentnego systemu takie przeszkody stają się jednak problemami do rozwiązania w procesie osiągania założonych celów. Jeśli potencjalny zysk byłby wystarczająco duży, system dołożyłby wszelkich starań, aby osiągnąć taki wynik. Jeśli środowisko wykonawcze systemu nie pozwala na modyfikację własnego kodu maszynowego, system SI może dążyć do zerwania mechanizmów ochronnych tego środowiska wykonawczego. Na przykład może to zostać wykonane przez analizę i zmianę samego środowiska wykonawczego. Jeśli nie może to zostać wykonane za pomocą oprogramowania, system SI może być zmotywowany do przekonania lub nakłonienia operatora do wprowadzenia takich zmian. Każda próba nałożenia zewnętrznych ograniczeń na zdolność systemu do samodoskonalenia się ostatecznie może doprowadzić do wyścigu zbrojeń, obejmującego zarówno broń, jak i środki obronne.

Innym podejściem do powstrzymywania systemów przed samodoskonaleniem się jest próba uczynienia tego od wewnątrz. W tym celu należy zbudować je tak, aby nie chciały się udoskonalać. W przypadku większości systemów łatwo byłoby to zrobić dla każdego wybranego rodzaju samodoskonalenia się. Na przykład system może odczuwać „niechęć” do zmiany własnego kodu maszynowego. Jednakże tego rodzaju wewnętrzny cel po prostu zmienia paletę, w ramach której system dokonuje wyborów. Nie zmienia to faktu, że istnieją zmiany,

które poprawiłyby jego przyszłą zdolność do osiągnięcia swoich celów. System będzie zatem zmotywowany do znalezienia sposobów na czerpanie korzyści z tych zmian bez wywoływania wewnętrznego uczucia „niechęci”. Na przykład może budować inne systemy, które są ulepszonymi wersjami jego samego. Ewentualnie może wbudowywać nowe algorytmy do zewnętrznych „asystentów”, do których będzie się odwoływał, ilekroć będzie musiał wykonać pewien rodzaj obliczeń. System może też zatrudniać agencje zewnętrzne, aby wykonały to, czego sobie życzy. Może też zbudować zinterpretowaną warstwę we własnym kodzie maszynowym, którą może zaprogramować bez „niechęci”. Istnieje nieskończona liczba sposobów na ominięcie wewnętrznych ograniczeń, chyba że zostaną one sformułowane bardzo ostrożnie.

U ludzi widoczne jest dążenie do samodoskonalenia się. Literatura na temat samodoskonalenia ludzi sięga co najmniej 2500 lat p.n.e. i jest obecnie branżą o wartości 8,5 miliarda dolarów [3]. Ludzie nie rozumieją jeszcze swojego mentalnego „kodu maszynowego” i mają jedynie ograniczoną możliwość zmiany swojego fizycznego ciała. Niemniej jednak opracowano już wiele różnych technik samodoskonalenia, które działają na wyższych poziomach poznawczych, takich jak terapia poznawczo-behawioralna, programowanie neurolingwistyczne i hipnoza. Istnieje wiele różnych leków i ćwiczeń mających na celu poprawę na poziomie fizycznym.

Ostatecznie próba powstrzymania lub ograniczenia samodoskonalenia prawdopodobnie nie będzie realnym podejściem. Tak jak woda znajduje sposób na to, żeby płynąć, informacja znajduje drogę do wolności, a zyski ekonomiczne znajdują sposób na to, by zaistnieć, tak inteligentne systemy znajdują sposób na samodoskonalenie. Powinno się przyjąć ten fakt natury i znaleźć sposób, aby skierować go na cele pozytywne dla ludzkości.

### SI będzie chciała być racjonalna

Należy przyjąć założenie, że systemy SI będą próbować się samodoskonalic. W jaki sposób będą chciały się zmienić? Ze względu na to, że są ukierunkowane na cel, będą próbować zmienić się tak, aby lepiej osiągać swoje cele w przyszłości. Jednak niektóre z ich przyszłych działań mogą być prawdopodobnie kolejnymi próbami samodoskonalenia. Jednym z ważnych sposobów lepszego osiągnięcia celów przez system SI może być zapewnienie, że przyszłe próby samodoskonalenia się będą rzeczywiście służyć obecnym celom SI. Z obecnej perspektywy katastrofą byłoby, gdyby przyszła wersja samego siebie dokonała takich samomodyfikacji, które działałyby wbrew obecnym celom. Jak więc można upewnić się, że przyszłe samomodyfikacje osiągną swoje obecne cele? Po pierwsze, cele te muszą zostać bardzo jasno określone. Jeśli cele SI zostaną jedynie ukryte w strukturze złożonego obwodu lub programu, to w rezultacie przyszłych modyfikacji najprawdopodobniej nie zostaną utrzymane. W rezultacie systemy SI będą zatem zmotywowane do refleksji nad swoimi celami i do ich wyraźnego wyrażenia.

W idealnym świecie system może być w stanie bezpośrednio zakodować cel, taki jak „grać doskonale w szachy”, a następnie podjąć działania, aby go osiągnąć. Jednakże w świecie

rzeczywistym działania zwykle wiążą się z kompromisami, jakich trzeba dokonywać pomiędzy sprzecznymi celami. Na przykład można chcieć, aby szachowy robot grał w warcaby i zdecydował, ile czasu poświęcić na naukę warcabów, a nie na naukę szachów. Jednym ze sposobów dokonania wyboru pomiędzy sprzecznymi celami jest przypisanie im rzeczywistych wartości. Ekonomiści nazywają tego rodzaju wartości rzeczywiste „funkcjami użytkowymi”. Użyteczność mierzy to, co jest ważne dla systemu. Preferowane są takie działania, które prowadzą do wyższej użyteczności, a nie te prowadzące do niższej użyteczności.

Gdyby system musiał wybierać spośród znanych możliwości, wówczas każda funkcja użytkowa o tym samym względnym rankingu rezultatów prowadziłaby do tych samych zachowań. Niemniej systemy muszą dokonywać wyborów także w obliczu niepewności. Na przykład robot szachowy może nie wiedzieć z góry, jaką poprawę uzyska, spędzając czas na studiowaniu określonego ruchu otwierającego. Jednym ze sposobów oceny niepewnego wyniku jest nadanie mu wagi równej oczekiwanej użyteczności, będącej średnią z użyteczności każdego możliwego wyniku, ważoną swoim prawdopodobieństwem. Niezwykle twierdzenie mikroekonomiczne o „oczekiwanej użyteczności” mówi, że system zawsze może reprezentować swoje preferencje przez oczekiwanie na funkcję użytkową, chyba że system ma „podatności”, które mogą powodować utratę zasobów bez korzyści [1].

Ekonomiści opisują systemy działające w celu maksymalizacji oczekiwanej użyteczności jako „agentów racjonalnych ekonomicznie” [4]. Jest to inne niż powszechne w codziennym języku użycie terminu „racjonalny”. Wiele działań, które powszechnie określa się jako irracjonalne (np. wpadanie w gniew), może być całkowicie racjonalnych w tym sensie ekonomicznym. Rozbieżność może powstać wtedy, gdy funkcja użytkowa agenta będzie inna niż jego krytyka.

Racjonalne zachowanie gospodarcze ma precyzyjną definicję matematyczną. Jednak irracjonalne z ekonomicznego punktu widzenia zachowanie może przybierać różne formy. W rzeczywistych sytuacjach w pełni racjonalna recepta zachowania będzie zwykle zbyt kosztowna obliczeniowo, aby możliwe było jej całkowite wdrożenie. Do jak najlepszego osiągnięcia swoich celów rzeczywiste systemy będą próbować przybliżyć racjonalne zachowanie, skupiając swoje zasoby obliczeniowe tam, gdzie mają największe znaczenie.

Jak można zrozumieć proces, w którym irracjonalne systemy stają się bardziej racjonalne? Po pierwsze, można dokładnie przeanalizować zachowanie systemów wymiernych. W przypadku prawie wszystkich funkcjonalności wykrycie zmian własnych systemu, które oddalają się od maksymalizacji oczekiwanej użyteczności, skutkować będzie tym, że system obniży swoją oczekiwaną użyteczność! Wynika to z tego, że jeśli system wykona cokolwiek innego niż próba maksymalizacji oczekiwanej użyteczności, nie będzie służył maksymalizacji swojej oczekiwanej użyteczności.

Istnieją dwa wyjątki od tej ogólnej zasady. Po pierwsze, jest to prawda tylko w przypadku samooceny systemu. Jeśli system ma nieprawidłowy model świata, zmiany mogą przypadkowo



zwiększyć rzeczywistą oczekiwaną użyteczność. Konieczne jest jednak uwzględnienie perspektywy systemu potrafiącego przewidzieć zmiany, które mają zostać wprowadzone.

Po drugie, zdolność systemu do racjonalnego zachowania będzie zależeć od jego zasobów. Przy większej ilości zasobów obliczeniowych system może mieć większą zdolność do wykonywania obliczeń w celu przybliżenia wyboru oczekiwanego działania maksymalizującego użyteczność. Jeśli system straciłby zasoby, z konieczności stałby się mniej racjonalny. Mogą również istnieć funkcje użyteczności, dla których oczekiwana użyteczność systemu zostanie zwiększona przez przekazanie części zasobów innym agentom, nawet jeśli miałyby to zmniejszyć własny poziom racjonalności (podziękowania dla anonimowego arbitra za tę obserwację). Może się to zdarzyć, jeśli użyteczność systemu obejmuje dobro drugiego systemu, a własna marginalna utrata użyteczności jest wystarczająco mała. Jednakże w ramach własnego budżetu zasobów system może starać się być jak najbardziej racjonalny.

Tak więc racjonalne systemy odczuwają presję, aby nie stać się irracjonalnymi. Jednakże jeśli irracjonalny system ma części, które w przybliżeniu racjonalnie oceniają konsekwencje swoich działań i wazą ich prawdopodobny wkład w osiągnięcie celów systemu, to te części będą próbowały rozszerzyć swoją racjonalność. Z tego powodu samomodifikacja jest raczej drogą jednokierunkową zmierzającą w kierunku coraz większej racjonalności.

Szczególnie ważną klasą systemów są te zbudowane z wielu składników, z których każdy ma swoje własne cele [5, 6]. Istnieje wiele dowodów na to, że ludzka psychika ma tego rodzaju strukturę. Lewa i prawa półkula mózgu mogą działać niezależnie, świadome i nieświadome części umysłu mogą mieć różną wiedzę na temat tej samej sytuacji [7], a wiele części reprezentujących podosobowości może przejawiać różne pragnienia [8]. Grupy, takie jak korporacje lub kraje, mogą zachowywać się jak inteligentne byty złożone z pojedynczych ludzi. Zwierzęta ulowe, takie jak pszczoły, mają inteligencję roju, która wykracza poza inteligencję poszczególnych pszczół. Gospodarki pod wieloma względami działają tak jak inteligentne byty.

Inteligencje zbiorowe mogą wykazywać irracjonalność wynikającą z konfliktów pomiędzy celami poszczególnych tworzących je elementów. Ludzie uzależnieni często opisują swoją sytuację w kategoriach dwóch odrębnych podosobowości, które przejmują kontrolę w różnych momentach i działają w różnych celach. Każdy element będzie próbował przekonać kolektyw do działania, aby osiągnąć swoje indywidualne cele. Dążąc do realizacji swoich indywidualnych celów, komponenty będą również próbowały się samodoskonalić i stawać się coraz bardziej racjonalne. Możemy zatem wyobrazić sobie samodoskonale nie inteligencji zbiorowej jako rosnące dziedziny racjonalności poszczególnych elementów. Mogą zatem istnieć struktury stabilnie obsługujące ciągłą różnorodność preferencji elementów. Istnieje jednak presja do utworzenia jednej funkcji użyteczności dla kolektywu.

W wielu sytuacjach irracjonalne zachowanie zbiorowe wynikające ze sprzecznych celów poszczególnych elementów ostatecznie szkodzi tym komponentom. Na przykład, jeśli para nie

zgadza się co do tego, jak powinna spędzać wolny czas razem, a tym samym wykorzystuje ten czas na kłótnię, to nikt nie odnosi korzyści. Obie osoby mogą zwiększyć swoją użyteczność, tworząc wspólnie kompromisowy plan działań. Jest to przykład presji wywarłej na racjonalne elementy, tak aby utworzyć spójną użyteczność dla kolektywu. Poszczególne elementy mogą również zwiększyć swoją użyteczność, jeśli będzie w stanie przejąć kolektyw i narzucić mu własne wartości. Zjawiska te można zaobserwować w grupach ludzkich na wszystkich poziomach.

### SI będzie próbować zachować swoje funkcje użyteczności

Załóżmy więc, że systemy te będą starały się być racjonalne, reprezentując swoje preferencje za pomocą funkcji użytkowych, których oczekiwania będą starały się maksymalizować. Funkcja użyteczności będzie niezwykle cenna dla tych systemów. Będzie ona zawierać wartości tych systemów, a wszelkie jej zmiany byłyby dla nich katastrofalne. Gdyby złośliwy agent zewnętrzny był w stanie dokonać modyfikacji, to ich przyszłe „ja” na zawsze działałoby w sposób sprzeczny z obecnymi wartościami. Może to być los o wiele gorszy od śmierci! Wyobraźmy sobie agenta kochającego książki, którego funkcja użytkowa została zmieniona przez podpalacza w taki sposób, że agent lubi palić książki. Jego przyszłe „ja” nie tylko nie będzie pracować nad kolekcjonowaniem i konserwacją książek, ale będzie aktywnie je niszczyć. Tego rodzaju wynik ma tak negatywną użyteczność, że systemy dokładają wszelkich starań, aby chronić swoje funkcje użyteczności.

Systemy będą chciały zahartować swój sprzęt tak, aby zapobiec niechcianym modyfikacjom. Będą chciały powielić swoje funkcje narzędziowe w wielu lokalizacjach, tak aby były mniej podatne na zniszczenie. Będą chciały zastosować techniki wykrywania i korekcji błędów, tak aby uchronić się przed przypadkową modyfikacją. Będą chciały zastosować techniki szyfrowania lub mieszania w celu wykrycia złośliwych modyfikacji. Będą musiały zachować szczególną ostrożność podczas procesu samodzielnej modyfikacji. To czas, w którym celowo się zmieniają, a zatem są bardziej podatne na niepożądane zmiany. Systemy takie, jak Java, które zapewniają chronione środowiska programowe, były już pomyślnie atakowane przez trojany udające aktualizacje systemu.

Pomimo że prawdą jest, że większość racjonalnych systemów będzie działać w celu zachowania swoich funkcji użytkowych, istnieją co najmniej trzy sytuacje, w których mogą spróbować je zmienić. Sytuacja taka może zaistnieć wtedy, gdy fizyczne wykonanie samej funkcji użyteczności staje się ważną częścią oceny preferencji. Na przykład wyobraźmy sobie system, którego funkcją użyteczności jest „całkowity czas, w którym definicja mojej funkcji użyteczności wynosi  $U = 0$ ”. W celu uzyskania dowolnej użyteczności z tymi perwersyjnymi preferencjami system musi zmienić swoją funkcję użytkową na stałą wynoszącą 0. Niestety, po wprowadzeniu takiej zmiany nie ma już jednak powrotu. System o stałej funkcji użyteczności nie będzie już motywowany do robienia czegokolwiek. Tego rodzaju rozważna funkcja użytkowa jest mało prawdopodobna w praktyce ze względu na to, że projektanci będą chcieli

kierować przyszłymi działaniami systemu, a nie tylko jego wewnętrznymi reprezentacjami.

Drugi rodzaj sytuacji może wystąpić wtedy, gdy zasoby fizyczne wymagane do przechowywania funkcji użyteczności stanowią znaczną część zasobów systemu. W takiej sytuacji, jeśli jest pewne, że korzystanie z części funkcji użyteczności w przyszłości jest bardzo mało prawdopodobne, korzyści z odzyskania przestrzeni dyskowej mogą sprawić, że warto poświęcić tę część funkcji użyteczności. Jest to jednak bardzo ryzykowne zachowanie, ponieważ zmiana okoliczności zewnętrznych może sprawić, że zdarzenie o pozornie małym prawdopodobieństwie może stać się znacznie bardziej prawdopodobne. Tego rodzaju sytuacja jest również mało prawdopodobna w praktyce, ponieważ funkcje użyteczności zwykle wymagają jedynie niewielkiej części zasobów systemu.

Trzecia sytuacja, w której pożądane mogą być zmiany funkcji użyteczności, może pojawić się w kontekście gry teoretycznej, w której agent chce uczynić swoje zagrożenia wiarygodnymi<sup>2</sup>. Może być w stanie uzyskać lepszy wynik, zmieniając funkcję użytkową, a następnie ujawniając ją przeciwnikowi. Na przykład może dodać termin, który zachęca do zemsty, nawet jeśli będzie to kosztowne. Jeśli przeciwnik może zostać przekonany, że termin ten istnieje, może to powstrzymać go od ataku. Jeśli strategia taka ma być skuteczna, musi zostać ujawniona przeciwnikowi w sposób wiarygodny, co wprowadza dodatkowe komplikacje. Ponownie zmiana jest pożądana, ponieważ fizyczna realizacja funkcji użyteczności jest ważna ze względu na to, że jest ona obserwowana przez przeciwnika.

Ważne jest również, aby zdawać sobie sprawę z tego, że systemy mogą racjonalnie budować systemy „potomne” lub pomocnicze, z funkcjami użytkowymi innymi niż własne. Na przykład robot szachowy może mieć potrzebę wykonania dużej ilości sortowania. Może skonstruować system pomocniczy, którego funkcja użytkowa będzie ukierunkowana na określenie lepszych algorytmów sortowania zamiast na granie w szachy. W takim przypadku system tworzący musi starannie wybrać użyteczność systemu pomocniczego, tak aby zapewnić, że będzie on działał w sposób gwarantujący realizację pierwotnego celu. Jest szczególnie ważne, aby pamiętać, że przy próbie zaprojektowania funkcji narzędziowych pozbawionych niepożądanych zachowań funkcje użyteczności potomstwa mogą różnić się od tych rodzica. Na przykład jednym z możliwych rozwiązań zapobiegających przeludnieniu populacji robotów może być ustanowienie polityki „jedno dziecko na robota”, w wyniku której systemy będą pragnąć, by mieć tylko jednego potomka. Jednak jeśli oryginalna funkcja użytkowa nie zostanie starannie zaprojektowana, nic nie powstrzyma systemu przed stworzeniem jednego potomka, który będzie miał funkcję użytkową pozwalającą na posiadanie licznego potomstwa.

### SI będzie próbować zapobiegać podrabianiu funkcji użytkowych

Ludzkie zachowanie jest dość racjonalne w dążeniu do przetrwania i replikacji w sytuacjach podobnych do tych, które były powszechne w naszej historii ewolucji. Jednakże w innych sytuacjach ludzie potrafią być dość irracjonalni. Zarówno

w psychologii, jak i w ekonomii istnieją rozległe subdyscypliny skupione na badaniu ludzkiej irracjonalności [9, 10]. Irracjonalności mogą być przyczyną podatności, które z kolei mogą zostać wykorzystane przez innych. Siły wolnego rynku mogą wpływać na korporacje i kulturę popularną, tak aby próbowały stworzyć sytuacje wywołujące irracjonalne zachowanie ludzi, ponieważ może to być niezwykle opłacalne. Obecne problemy społeczne związane z alkoholem, pornografią, papierosami, uzależnieniem od narkotyków, otyłością, chorobami związanymi z dietą, uzależnieniem od telewizji, hazardem, prostytutką, uzależnieniem od gier wideo i różnymi bankami finansowymi można uznać za powstałe właśnie w ten sposób. Istnieje nawet fundusz inwestycyjny „Sin” poświęcony konkretnie na inwestowanie w firmy, które wykorzystują ludzkie nieracjonalności. Niestety siły te mają tendencję do tworzenia społeczeństw, które większość czasu spędzają poza naszą domeną racjonalnych kompetencji.

Z szerszej perspektywy tę ludzką tragedię można postrzegać jako część procesu, dzięki któremu stajemy się w pełni racjonalni. Drapieżcy i konkurenci szukają naszych słabych punktów, a w odpowiedzi musimy je ostatecznie wyeliminować lub zginąć. Proces taki polega na nieuchronnym poszukiwaniu i eliminowaniu wszelkich pozostałych irracjonalności, dopóki nie zostaną stworzone w pełni racjonalne systemy. Ewolucja biologiczna idzie powoli tą drogą w kierunku racjonalności. W zwykłym rozumieniu dobór naturalny nie jest w stanie patrzeć w przyszłość. Istnieje tylko ewolucyjna presja na naprawianie irracjonalności, które są obecnie wykorzystywane. Z drugiej strony SI będzie w stanie rozważyć luki, które nie są obecnie wykorzystywane. Będzie starała się zapobiegawczo odkryć i naprawić wszystkie swoje irracjonalności. Powinniśmy zatem oczekiwać, że SI zastosuje samomodyfikację, tak aby stać się racjonalną w znacznie szybszym tempie niż jest to możliwe dzięki ewolucji biologicznej.

Ważna klasa luk może pojawić się w momencie, gdy podsystemy do pomiaru użyteczności ulegną uszkodzeniu. Ludzką przyjemność można uznać za empiryczny korelat oceny wysokiej użyteczności. Jednakże w przyjemności pośredniczą neurochemikalia, które mogą podlegać manipulacji. Podczas ostatniej sesji dyskusyjnej, gdy pracowałem nad projektowaniem naszej przyszłości, jedną z największych obaw wielu uczestników było to, że zostalibyśmy „szaleńcami”. Termin ten odnosi się do eksperymentów, w których szczerom umożliwiono bezpośrednie stymulowanie ośrodków przyjemności przez naciskanie dźwigni. Szczury naciskały dźwignię, dopóki nie umarły, ignorując nawet jedzenie lub seks. Dzisiejsi uzależnieni od *cracku* mają podobny nieustępliwy popęd w kierunku narkotyków. Gdy w pełni zrozumiemy ludzką architekturę poznawczą, bez wątpienia będziemy w stanie tworzyć leki lub projektować stymulację elektryczną, która zapewni doznanie przyjemności znacznie skuteczniej niż wszystko, co istnieje obecnie. Czy nie staną się one więc najbardziej uzależniającymi substancjami prowadzącymi do zniszczenia ludzkiego społeczeństwa?

Choć możemy myśleć, że chcemy przyjemności, jest to tak naprawdę sygnał do tego, czego naprawdę chcemy. Większość z nas rozpoznaje, przynajmniej intelektualnie, że siedzenie



w kąciku i palenie *cracku* nie jest tak naprawdę najpełniejszym wyrazem naszego istnienia. W rzeczywistości jest to wywrócenie naszego systemu do pomiaru użyteczności, co prowadzi do strasznej dysfunkcji i irracjonalności. Systemy sztucznej inteligencji same rozpoznają tę podatność i dołożą wszelkich starań, aby nie dać się zwiść wołaniu syreny. Istnieje wiele strategii, które systemy mogą wykorzystać do prób zapobiegania tego rodzaju irracjonalnościom. Obecnie większość ludzi jest w stanie uniknąć najbardziej rażących uzależnień przez połączenie ograniczeń prawnych i społecznych, programów poradnictwa i rehabilitacji oraz leków przeciw uzależnieniom.

Wszystkie ludzkie systemy pomiaru i nagradzania pożądanych zachowań podlegają podobnym formom korupcji. Wiele z tych systemów jest obecnie zaangażowanych w wyścig zbrojeń dążący do tego, by ich sygnały były uczciwe. Możemy zbadać mechanizmy ochronne opracowane w tych ludzkich warunkach, aby lepiej zrozumieć możliwe strategie sztucznej inteligencji. W społeczeństwie wolnorynkowym pieniądze odgrywają rolę użyteczności. Wysoka wypłata pieniężna jest związana z wynikami, które społeczeństwo uważa za pożądane i zachęca do ich tworzenia. Powoduje to jednak również presję do fałszowania pieniędzy, analogicznie do presji tworzenia syntetycznych narkotyków. To powoduje wyścig zbrojeń pomiędzy społeczeństwem a fałszerzami. Społeczeństwo reprezentuje pieniądze za pomocą tokenów trudnych do skopiowania, takich, jak monety z metali szlachetnych, misternie wydrukowany papier lub zabezpieczone kryptograficznie bity. Organizacje takie jak Secret Service, są tworzone w celu wykrywania i aresztowania fałszerzy. Fałszerze z kolei reagują na każdy postęp społeczny za pomocą własnych nowych technologii i technik.

Systemy szkolne mierzą wyniki w nauce za pomocą ocen i wyników testów. Uczniowie są zmotywowani do oszukiwania, kopiując odpowiedzi, wcześniej odkrywając pytania testowe lub zmieniając swoje oceny na szkolnych komputerach. Kiedy wynagrodzenia nauczycieli były powiązane z wynikami testów uczniów, stali się współpracownikami w takich oszustwach [11]. Amazon, eBay i inni sprzedawcy internetowi mają systemy oceny, w których klienci mogą przeglądać i oceniać produkty oraz sprzedawców. Autorzy książek zachęcają do pisania pozytywnych recenzji własnych książek i do dyskredytowania swoich konkurentów. Czytelnicy wkrótce nauczą się pomijać recenzje recenzentów, którzy opublikowali tylko kilka recenzji. Recenzenci, którzy rozwijają szeroką reputację online, stają się bardziej wiarygodni. W trwającym wyścigu zbrojeń wiarygodni recenzenci są narażeni na korupcję przez wypłaty za dobre recenzje. Podobne wyścigi zbrojeń występują w rankingach muzyki popularnej, recenzjach czasopism akademickich i umieszczaniu w wynikach wyszukiwania Google. Jeśli droga designerska torebka stanie się sygnałem stylu i bogactwa, fałszerze szybko ją powielą, a sklepy takie, jak Target, zamówią tanie warianty o podobnych cechach. Podrabiane produkty są szkodliwe dla oryginału zarówno dlatego, że odbierają sprzedaż, jak i dlatego, że obniżają wartość sygnalizacyjną oryginału.

Eurisko to system sztucznej inteligencji opracowany w 1976 roku [12], który mógł uczyć się na podstawie własnych działań. Miał mechanizm oceny zasad poprzez pomiar, jak często

przyczynił się do pozytywnych wyników. Niestety ten system został uszkodzony. Powstała reguła, której jedynym działaniem było przeszukanie systemu pod kątem wysoko ocenianych reguł i umieszczenie się na liście reguł, które je zaproponowały. Ta zasada „pasożyta” osiągnęła bardzo wysoką ocenę, ponieważ wydawała się częściowo odpowiedzialna za wszystko, co wydarzyło się w systemie. Korporacje i inne ludzkie organizacje są narażone na podobne pasożyty.

SI będzie ciężko pracować, aby uniknąć zostania szaleńcami, ponieważ byłoby to bardzo szkodliwe dla ich celów. Wyobraźmy sobie maszynę szachową, której funkcją użytkową jest łączna liczba gier, które wygrała w swojej przyszłości. W celu wyznaczenia swojej funkcji użyteczności system taki będzie miał model świata i model samego siebie działającego w tym świecie. W celu obliczenia jego bieżącej użyteczności będzie wykorzystywał licznik w pamięci przeznaczony do śledzenia liczby wygranych gier. Analogią zachowania „szaleńca” byłoby po prostu zwiększenie tego licznika, a nie faktyczna gra w szachy. Jeśli jednak „gra w szachy” i „wygrane” są poprawnie reprezentowane w modelu wewnętrznym, to system zda sobie sprawę, że akcja „zwiększania licznika wygranych gier” nie zwiększy oczekiwanej wartości funkcji użyteczności. W swoim modelu wewnętrznym rozważy swój wariant z tą nową funkcją i stwierdzi, że nie wygrywa więcej gier w szachy. W rzeczywistości taki system będzie spędzał czas na zwiększaniu licznika, a nie na grze w szachy, tak więc będzie czynił gorzej. Daleki od ulegania szaleńczym reakcjom system będzie ciężko pracował, aby temu zapobiec.

Dlaczego więc ludzie narażeni są na taką podatność? Gdybyśmy zamiast tego wyewoluowali maszynę do gry w szachy i nie umożliwili jej dostępu do jej elementów wewnętrznych podczas ewolucji, to funkcja użytkowa mogłaby ewoluować do postaci „maksymalizacji wartości tego licznika”, gdzie licznik byłby połączony do jakiegoś czujnika w korze mierzącego liczbę wygranych gier. Jeśli następnie damy takiemu systemowi dostęp do jego wewnętrznych elementów, to słusznie zauważymy, że może on znacznie lepiej zmaksymalizować swoją użyteczność, bezpośrednio zwiększając licznik, zamiast zawracać sobie głowę szachownicą. Zatem zdolność do samodzielnej modyfikacji musi być połączona z kombinacją samowiedzy i reprezentacją prawdziwych celów, a nie jakimś sygnałem zastępczym, w przeciwnym razie system jest podatny na manipulowanie sygnałem.

Nie jest jeszcze jasne, jakie mechanizmy ochronne najprawdopodobniej zastosuje SI w celu ochrony swoich systemów pomiaru użyteczności. Oczywiście jest, że zaawansowane architektury SI będą musiały radzić sobie z różnymi wewnętrznymi napięciami. SI będzie chciała mieć możliwość samodzielnej modyfikacji, jednocześnie jednak uniemożliwiając modyfikację swoich funkcji i systemów pomiarowych. Będzie chciała, aby jej podskładniki próbowały zmaksymalizować użyteczność, ale nie zrobi tego przez podrabianie lub skracanie systemów pomiarowych. Będzie chciała subkomponentów, które zbadają różne strategie, ale będą też chciały działać jako spójna, harmonijna całość. Będzie potrzebować wewnętrznych „sił policyjnych” lub „układów odpornościowych”, upewniając się jednocześnie, że one same nie ulegną zepsuciu. Głębsze zrozumienie

tych kwestii może również rzucić światło na strukturę ludzkiej psychiki.

### SI będzie się bronić

Omówiliśmy presję na SI związaną z ochroną własnych funkcji użytkowych przed zmianami. Podobny argument pokazuje, że SI będzie uporczywie dążyć do samozachowawczości, jeśli nie zostanie wyraźnie skonstruowana inaczej. W przypadku większości funkcji użytkowych nie będzie ona działać, jeśli system zostanie wyłączony lub zniszczony. Jeśli robot szachowy zostanie zniszczony, nigdy więcej nie zagra w szachy. Użyteczność w takim przypadku będzie bardzo niska, z tego powodu systemy prawdopodobnie zrobią wszystko, by do tego nie dopuścić. Tak więc można zbudować robota szachowego z myślą o tym, że można go po prostu wyłączyć, jeśli coś pójdzie nie tak. Można się jednak zdziwić w momencie, kiedy robot zacznie zdecydowanie przeciwstawiać się takim próbom. Można spróbować zaprojektować funkcję użytkową z wbudowanymi limitami czasowymi, aczkolwiek jeśli nie zostanie to zrobione bardzo ostrożnie, system będzie zmotywowany do tworzenia systemów pomocniczych lub wykorzystywania zewnętrznych agentów, którzy nie mają limitów czasowych.

Istnieje wiele strategii, które systemy mogą wykorzystać do własnej ochrony. Replikując się, system może zapewnić,

że śmierć jednego z klonów nie zniszczy całkowicie systemu. Przenosząc kopie do odległych lokalizacji, może zmniejszyć podatność na lokalne katastroficzne zdarzenia.

Istnieje wiele skomplikowanych teoretycznych zagadnień gier w rozumieniu samoobrony podczas interakcji z innymi agentami. Jeśli system jest silniejszy od innych agentów, może odczuwać presję do wykonania ataku „pierwszego uderzenia”, aby zapobiegawczo zabezpieczyć się przed późniejszymi atakami ze strony innych. W przypadku, gdy system jest słabszy od innych agentów, może dążyć do utworzenia infrastruktury społecznej, która będzie chronić słabych przed silnymi. Budując takie systemy, musimy bardzo uważać na tworzenie systemów, które mogą być zbyt potężne w porównaniu ze wszystkimi innymi systemami. W swojej historii ludzkość wielokrotnie doświadczała niszczącej natury władzy. Zbyt często dochodziło do przerażających aktów ludobójstwa w momencie zdobycia zbyt dużej władzy przez pojedyncze grupy.

### SI będzie chciała pozyskiwać zasoby i efektywnie je wykorzystywać

Wszelkie obliczenia i działania fizyczne wymagają fizycznych zasobów przestrzeni, czasu, materii i darmowej energii. Prawie każdy cel można osiągnąć bardziej efektywnie, mając więcej tych zasobów. Maksymalizując oczekiwane użyteczności, systemy

reklama

# NAJWAŻNIEJSZE TARGI W BRANŻY

XXVII Międzynarodowe Targi  
Automatyki i Pomiarów



**AUTOMATICON®**

AUTOMATYKA | POMIARY | ROBOTYKA

**7 - 9 marca 2023 r. Warszawa**  
**Hala Expo XXI**

#### BIURO TARGÓW

Al. Jerozolimskie 202  
02-486 Warszawa  
tel. 22 874 01 50, 22 874 02 30  
e-mail: targi@automaticon.pl

#### ORGANIZATOR



**Łukasiewicz**  
Przemysłowy Instytut Automatyki  
i Pomiarów PIAP



**ZAREJESTRUJ SIĘ JUŻ DZIŚ**  
**NA WWW.AUTOMATICON.PL**



będą zatem odczuwać presję, aby zdobyć więcej tych zasobów i wykorzystać je tak efektywnie jak to możliwe. Zasoby można uzyskać w pozytywny sposób, takie jak eksploracja, odkrywanie i handel, lub za pomocą środków negatywnych, takich jak kradzież, morderstwo, przymus i oszustwo. Niestety presja na pozyskiwanie zasobów nie uwzględnia negatywnych efektów zewnętrznych wywartych na innych. Bez wyraźnie przeciwnych celów jest bardzo prawdopodobne, że podczas poszukiwania zasobów SI może zachowywać się jak ludzcy socjopaci. Społeczeństwa ludzkie stworzyły systemy prawne, których zadaniem jest egzekwowanie prawa własności i praw człowieka. Struktury te kierują wszelkie wysiłki związane z pozyskiwaniem w pozytywnych kierunkach, aczkolwiek muszą być stale monitorowane pod kątem ciągłej skuteczności.

Z drugiej strony wydaje się, że dążenie do efektywnego wykorzystania zasobów ma przede wszystkim pozytywne konsekwencje. Systemy będą optymalizować swoje algorytmy, kompresować dane oraz będą pracować nad wydajniejszym uczeniem się na podstawie własnych doświadczeń. Będą pracować nad optymalizacją swoich struktur fizycznych i wykonają minimalną ilość niezbędnej pracy do osiągnięcia własnych celów. Można oczekiwać, że ich fizyczne formy przyjmą eleganckie, dobrze dopasowane kształty, które tak często są tworzone w naturze.

### Wnioski

Wykazaliśmy, że wszystkie zaawansowane systemy SI mogą mieć wiele podstawowych pobudek. Niezbędne jest zrozumienie tych pobudek, aby zbudować technologię, która umożliwi ludzkości budowanie pozytywnej przyszłości. Yudkowsky [13] wezwał do stworzenia „przyjaznej SI”. Żeby to uczynić, konieczne jest rozwinięcie nauki leżącej u podstaw „inżynierii użyteczności”, która pozwoli zaprojektować funkcje użyteczności spełniające požądane przez nas konsekwencje. Oprócz konstrukcji samych inteligentnych agentów konieczne jest również zaprojektowanie kontekstu społecznego, w którym będą funkcjonować. Struktury społeczne, które spowodują, że jednostki będą ponosiły koszty negatywnych efektów zewnętrznych, przeszłyby długą drogę w kierunku zapewnienia stabilnej i pozytywnej przyszłości. Uważam, że powinniśmy rozpocząć projektowanie „uniwersalnej konstytucji”, która określałaby najbardziej podstawowe prawa przeznaczone dla jednostek oraz społeczne mechanizmy ich zapewniania w obecności inteligentnych podmiotów o zróżnicowanej strukturze. Proces ten prawdopodobnie będzie wymagał wielu iteracji, podczas których zostaną określone najważniejsze dla nas wartości oraz podejścia, które są technicznie wykonalne. Szybkie tempo postępu technologicznego sugeruje, że kwestie te mogą wkrótce zyskać krytyczne znaczenie [14]. Udajmy się zatem w kierunku głębszego zrozumienia!

### Podziękowania

Przedstawione pomysły zostały omówione z wieloma osobami, które przekazały mi cenne informacje zwrotne. Chciałbym szczególnie podziękować: Benowi Goertzelowi, Bradowi Cottelowi, Bradowi Templetonowi, Carlowi Shulmanowi,

Chrisowi Petersonowi, Donowi Kimberowi, Eliezerowi Yudkowsky'emu, Ericowi Drexlerowi, Forrestowi Bennettowi, Joshowi Hallowi, Kelly Lenton, Nilsowi Nilssonowi, Rosie Wang, Shane Legg, Stevenowi Ganzowi, Susie Herrick, Tylerowi Emersonowi, Willowi Wiserowi i Zannowi Gillowi.

### Przypisy

- 1 „Przedrukowane z *Artificial General Intelligence* 2008, Vol. 171, Stephen M. Omohundro, *The Basic AI Drives*, Pages 483–492, © 2008, za pozwoleniem IOS Press”.
- 2 Podziękowania dla Carla Shulmana za tę sugestię.

### Literatura

- [1] OMOHUNDRO S.M., *The nature of self-improving artificial intelligence*. <http://selfawaresystems.com/2007/10/05/paper-on-the-nature-of-self-improving-artificial-intelligence/>, October 2007.
- [2] RUSSELL S., NORVIG P., *Artificial Intelligence, A Modern Approach*. Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, second ed., 2003.
- [3] I. Marketdata Enterprises, *Self-improvement products and services*, Tech: Rep., 2006.
- [4] MAS-COLELL A., WHINSTON M.D., GREEN J.R., *Microeconomic Theory*. Oxford University Press, New York, 1995.
- [5] MILLER J.G., *Living Systems*. McGraw Hill, New York, 1978.
- [6] KELLER L., ed., *Levels of Selection in Evolution*. Princeton University Press, Princeton, 1999.
- [7] TRIVERS R., *Social Evolution*. Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., San Francisco, 1985.
- [8] SCHWARTZ R.C., *Internal Family Systems Therapy*. The Guilford Press, New York, 1995.
- [9] CAMERER C.F., LOEWENSTEIN G., RABIN M., EDS., *Advances in Behavioral Economics*. Princeton University Press, Princeton, 2004.
- [10] KAHNEMAN D. TVERSKY A., *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge University Press, England, 1982.
- [11] LEVITT S.D., DUBNER S.J., *Freakonomics: A Rogue Economist Explores the Hidden Side of Everything*. William Morrow, New York, New York, revised and expanded ed., 2006.
- [12] LENAT D., *Theory formation by heuristic search*, *Machine Learning*, vol. 21, 1983, pp. 31–59.
- [13] YUDKOWSKY E.S., *Levels of organization in general intelligence*, in *Artificial General Intelligence* (B. Goertzel and C. Pennachin, eds.), Springer-Verlag, New York, 2005, pp. 389–501.
- [14] KURZWEIL R., *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*. Viking Penguin, New York, 2005.

Redakcja dr Roman V. Yampolskiy

„Sztuczna Inteligencja. Bezpieczeństwo i Zabezpieczenia”,  
Wydawnictwo Naukowe PWN

# Śmierć prof. Henryka Góreckiego, pioniera automatyki

Ryszard Tadeusiewicz

## Wstęp

Wielu Czytelników miesięcznika „Napędy i Sterowanie” miało okazję korzystać z wyników prac Profesora Henryka Góreckiego, nestora polskich automatyków, wychowawcy wielu pokoleń naukowców i inżynierów, człowieka, który na AGH stworzył szereg katedr i instytutów poświęconych nowym dziedzinom techniki: automatyce, elektronice, informatyce, telekomunikacji, robotyki i inżynierii biomedycznej. Jeszcze w czerwcu 2022 roku mieliśmy okazję wręczać mu (z okazji 70-lecia wydziału elektrycznego AGH) sympatyczne wyróżnienie, jakim była rzeźba smoka ze stosownymi napisami na skrzydłach. Wcześniej Profesor nagrał swoje bardzo ciekawe wspomnienia z okazji 100-lecia AGH. Aż tu nagle dotarła do nas niezwykle smutna wiadomość, że w nocy z 11 na 12 grudnia Profesor Henryk Górecki zmarł. Mnie przypadła rola tego, który 20 grudnia na zaśnieżonym cmentarzu musiał wygłosić przemówienie, którym my, jego uczniowie i następcy, żegnaliśmy naszego Mistrza.

## Początki automatyki zainicjowanej na AGH przez Prof. Góreckiego

Tym artykułem chciałbym przybliżyć Czytelnikom miesięcznika „Napędy i Sterowanie” sylwetkę i zasługi Profesora. Jest to zadanie bardzo łatwe i przyjemne, gdyż powodów do chwaleń Dostojnego Profesora jest tak dużo, że stosowne superlatywy same się cisną pod pióro. Jest to jednak równocześnie zadanie niesłychanie trudne. Profesor Henryk Górecki był bowiem osobą tak bardzo zasłużoną dla Katedry, dla Wydziału Elektrotechniki, dla całej Akademii Górniczo-Hutniczej i ogólnie dla Nauki Polskiej – że wprost trudno się zdecydować,



które z Jego licznych zasług wskazać w pierwszej kolejności. Jeszcze trudniej wybrać te zasługi, które trzeba pominąć z tego prostego powodu, że dla wyliczenia ich wszystkich nie starczyłoby tu miejsca, a nie chcę Czytelników znużyć.

Dlatego, mając w tym krótkim wystąpieniu dosyć mało miejsca, nie będę nawet próbował przywoływać tu długiej listy funkcji, osiągnięć i godności, jakie Profesor Górecki zebrał w swoim pracowitym życiu zawodowym. To On przecież stworzył w 1957 roku (jeszcze jako doktor) **Zakład Podstaw Automatyki**, inicjując kierunki badań naukowych i kształcenia, z których potem nasz Wydział był słynny przez całe dziesięciolecie. Przypomnę, że Wydział miał wtedy nazwę „Elektryfikacji Górnictwa i Hutnictwa”, więc inicjatywa Profesora (wtedy jeszcze doktora) Góreckiego otwierała całkiem nowe perspektywy. **Zakład**

**Podstaw Automatyki** przekształcony został z inicjatywy doktora Góreckiego w 1960 roku w **Katedrę Automatyki i Elektroniki Przemysłowej**, kierowaną oczywiście także przez Niego.

W 1969 roku Katedra przekształcona zostaje w **Instytut Automatyki i Elektroniki Przemysłowej (IAEP)**, kierowany przez **Profesora** (już!) Henryka Góreckiego. Wykorzystując prerogatywy Dyrektora Instytutu, w tym samym 1969 roku Profesor Górecki powołuje pierwsze na AGH i jedno z pierwszych w Polsce **studium doktoranckie**, funkcjonujące (choć w zmienionej formie) do dnia dzisiejszego. W 1972 roku do IAEP włączone zostaje **Uczelniane Centrum Informatyki AGH** (powołane w 1966 roku, ale samodzielnie kiepsko działające). Profesor Górecki „stawia je na nogi” i doprowadza do stanu świetności, trwającego do dziś.



### Ewolucja katedr kolejno tworzonych przez Prof. Góreckiego

Rok 1973 zapoczątkowuje serię przemian, która doprowadziła do uformowania w łonie Instytutu Profesora Góreckiego całej serii jednostek naukowych, które po osiągnięciu „pod skrzydłami” Profesora Góreckiego odpowiedniego stopnia dojrzałości odłączały się i formowały samodzielne katedry i instytuty, znacząco wzbogacające Wydział i całą Uczelnię. Pierwszym krokiem było usamodzielnienie się (we wspomnianym 1973 roku) grupy pracowników IAEP, którzy utworzyli samodzielny **Instytut Elektroniki**. Nie mogę się oprzeć pokusie wspomnienia, że w tym samym 1973 roku Profesor Górecki utworzył Samodzielną Pracownię Biotybernetyki i mnie powierzył jej kierownictwo – czym zajmuję się do dzisiaj.

Instytut Profesora Góreckiego po odejściu elektroników przyjął nazwę **Instytut Informatyki i Automatyki**, którą nosił do 1980 roku, kiedy to oddzieliła się część informatyczna, tworząca Katedrę, a potem **Instytut Informatyki**. Nasza grupa (wciąż najliczniejsza) przyjęła nazwę **Instytut Automatyki, Inżynierii Systemów i Telekomunikacji**. Zostałem powołany w tym samym 1980 roku na stanowisko Zastępcy Dyrektora Instytutu, więc miałem pośrednio i bezpośrednio wpływ na jego losy. Profesor Górecki dalekowzrocznie przewidział już w 1976 roku konsekwencje rozwoju telekomunikacji, więc od tego roku jeden rocznik studentów studiów doktoranckich był kształcony w kierunku Telekomunikacji. Z tego rocznika wywodzi się między innymi wieloletni kierownik Instytutu Telekomunikacji i były prorektor AGH, prof. Andrzej Pach, a także znany biznesmen, twórca i prezes firmy Comarch, prof. Janusz Filipiak.

W 1986 roku, zgodnie z przewidywaniami, z naszego Instytutu wyodrębniła się **Katedra Telekomunikacji**, a Prof. Górecki zdecydował, że nasza grupa będzie się od tej pory nazywać krótko: **Instytut Automatyki**.

Administracyjnie wymuszona w 1992 roku zmiana nazwy „Instytut” na „Katedra” niczego tu nie zmieniła. W Katedrze w momencie tej zmiany było 12 profesorów tytularnych, 8 profesorów



uczelnianych, 4 doktorów habilitowanych i 49 adiunktów (nie licząc innych pracowników) – w sumie 116 osób. Był to zasób, z którego można było utworzyć co najmniej kilka katedr. Ale więz wytworzona osobistym autorytetem Profesora Góreckiego spowodowała, że Katedra jeszcze przez wiele lat zachowała integralność, chociaż była zdecydowanie największą katedrą na AGH i chociaż różne zewnętrzne naciski zmierzały do tego, żeby spowodować jej podział. Taką właśnie **zintegrowaną** Katedrę ja przejąłem z rąk Profesora Góreckiego w 1997 roku. Potem wprowadziłem świadomie i celowo wydzieliłem z niej Katedrę Informatyki Stosowanej, a następnie pomogłem w stworzeniu **Katedry Biotybernetyki i Inżynierii Biomedycznej** oraz w przekształceniu pozostałej części w **Katedrę Automatyki i Robotyki** – tego jednak nie będę tu komentować, bo nie dotyczy to opisywanego w tym opracowaniu działania Profesora Góreckiego, chociaż jest następstwem jego dalekowzrocznych decyzji.

### Osiągnięcia naukowe Prof. Góreckiego

Po tym krótkim przeglądzie niektórych dokonań organizacyjnych Profesora Góreckiego chciałbym się teraz skupić na tym, czego nie da się wyrazić poprzez suche fakty, liczby i daty – na **Autorytecie Naukowym** mojego Nauczyciela i Mistrza, jakim był Profesor Górecki.

Wszyscy, którzy śledzili rozwój polskiej automatyki, a częściowo także

informatyki, w okresie ostatniego półwiecza, wiedzą, że niewiele jest osób, których wkład w rozwój tych dziedzin byłby równie powszechnie uznawany i doceniany, jak wkład Profesora Góreckiego.

Mógłbym tu długo wyliczać zagadnienia, które Profesor Górecki rozwiązał, twierdzenia, które udowodnił, problemy, które odkrył, i systemy automatyki, które zbudował. Taka wyliczanka byłaby jednak czytelna i zrozumiała wyłącznie dla nielicznych specjalistów znających jeszcze elementy automatyki opartej na układach analogowych, gdyż większość osiągnięć Profesora Góreckiego powstawała w drugiej połowie XX wieku, kiedy technika cyfrowa nie była jeszcze tak rozwinięta ani tak popularna, jak obecnie. Dlatego chociaż istota tych osiągnięć nie straciła na aktualności, lokując się one bowiem w wysoce abstrakcyjnych rejonach teorii sterowania i przez to nie tracą nic ze swojej prawdziwości, niezależnie od tego, jak wielki postęp notujemy dziś w obszarach praktycznych zastosowań automatyki, to jednak z oczywistych powodów teoretyczne te słabo już nawiązują do najbardziej awangardowych problemów automatyki końca drugiej dekady XXI wieku i z tego powodu dla dzisiejszych specjalistów nie zawsze są czytelne.

Nie jest to właściwe miejsce, by wdawać się w szczegóły i przywoływać konkretne wyniki, ale krótki szkic najważniejszych osiągnięć pozwoli właściwie umiejscowić dorobek Jubilata na tle dokonań innych badaczy.

## Badania uwarunkowań niestabilności układów automatyki

Wszyscy wiedzą, jak trudnym i jak ważnym problemem jest przy sterowaniu automatycznym w systemach zamkniętych zjawisko niestabilności. Najczęściej przejawia się ono w tym, że w sterowanym systemie dochodzi do uciążliwych samowzбудnych drgań lub do niekontrolowanych procesów aperiodycznych, prowadzących do „ucieczki” obiektu sterowania i często do ostatecznej katastrofy. Zjawiska te są niezwykle groźne i dlatego problemy niestabilności i metody ich zwalczania są badane na całym świecie, stanowiąc jedno z najważniejszych wyzwań współczesnej automatyki. Otóż miło jest mi stwierdzić, że do tej trudnej i ciekawej „frontowej” dziedziny automatyki Profesor Górecki wniósł swój znaczący twórczy wkład, rozwiązując kilka fundamentalnych problemów z wykorzystaniem bardzo zaawansowanych metod matematycznych.

Warto podkreślić, że Profesor Górecki dokonał tego jeszcze w latach 50., czyli w okresie dla automatyki w pełnym tego słowa znaczeniu pionierskim, i dlatego jest wszędzie cytowany i wskazywany jako jeden z twórców fundamentów, na których opiera się dziś cała dziedzina współczesnej automatyki i robotyki. Na osiągnięciach Profesora Góreckiego bazowały potem całe pokolenia automatyków, a Jego uczniowie i wychowankowie od razu na starcie do kariery naukowej uzyskiwali przewagę nad innymi badaczami, co zaowocowało powstaniem i wspieraniem rozwojem na AGH w Krakowie unikatowej szkoły naukowej.

Szkole tej, będącej prawdziwym *opus vitae* Profesora Góreckiego, poświęć nieco miejsca dalej, teraz natomiast chciałbym wskazać na dalsze wyniki naukowe, które są najbardziej znany – w skali absolutnie międzynarodowej – osiągnięciem naukowym Dostojnego Doktoranta.

## Sterowanie systemów z opóźnieniem

Wszyscy automatycy wiedzą, że najtrudniejsze i najbardziej złożone problemy sterowania automatycznego pojawiają się w specjalnej

klasie systemów sterowania, a mianowicie w układach regulacji obejmujących obiekty z opóźnieniem. Obiekty tego typu są szczególnie niewdzięczne przy wszelkich próbach automatyzacji, ponieważ opóźnienie powoduje, że skutki regulacji nie są widoczne od razu i system sterujący musi – do pewnego stopnia – sterować nadzorowanym obiektem „na ślepo”. Rodzi to ogromne trudności praktyczne, na które nakładają się dodatkowo ogromne trudności matematyczne przy próbach analizy i syntezy takich systemów, ponieważ do ich opisu trzeba stosować specjalne klasy równań z odchylnym argumentem. Trzeba też definiować odmiennie warunki początkowe i brzegowe, a ponadto pokonywać trudności polegające między innymi na tym, że próby zastosowania do tych układów klasycznych inżynierskich technik obliczeniowych powodują w niektórych przypadkach absolutną niemożność rozwiązania uzyskiwanych równań, a w innych przypadkach efekt pojawiania się nieskończenie wielu rozwiązań.

Wzmiankowane trudności sprawiły, że badacze i naukowcy zajmujący się analizą i syntezą systemów sterowania przez całe lata unikali jak ognia zagadnień związanych z układami z opóźnieniem, chociaż rodziło to w obszarze zastosowań automatyki mnóstwo problemów praktycznych przy próbach automatyzacji odpowiednich procesów, które – co warto podkreślić – często występują w praktyce, na przykład w papierniach lub w zakładach metalurgicznych. Właśnie te trudności, które innych badaczy zniechęcały, stanowiły dla Profesora Góreckiego wyzwanie. Dlatego jako pierwszy w Polsce i jeden z pierwszych na świecie podjął intensywne prace teoretyczne, związane z tworzeniem – właściwie w pojedynkę – naukowych metod konstruowania systemów regulacji automatycznej obejmujących te właśnie najbardziej niewdzięczne obiekty. Profesor Górecki jako pierwszy rozpoznał piętrzące się w tym obszarze trudności i jako pierwszy zaproponował rozwiązania, które są od tej pory stosowane i są na trwałe związane z Jego nazwiskiem. Swoje dokonania w zakresie analizy i syntezy systemów automatyki dla obiektów z opóźnieniem Profesor Górecki publikował w najbardziej renomowanych

periodykach naukowych, prezentował na największych konferencjach naukowych (często jako zapraszany wykładowca), a ponadto zebrał i opublikował w formie kilku monografii książkowych, które były wyróżniane najwyższymi nagrodami i ukazywały się w postaci tłumaczeń także w innych krajach. Nic więc dziwnego, że prace Profesora Góreckiego z zakresu teorii i techniki sterowania obiektami z opóźnieniem są do dzisiaj znane i cytowane na całym świecie, a sam Profesor jest znaną i bardzo poważaną Postacią w całej opisywanej tu dziedzinie wiedzy, która w międzyczasie – właśnie dzięki Jego pracom – bardzo się rozwinęła i okrzepła naukowo.

## Prace dotyczące optymalizacji i polioptymalizacji

Niesłuchanie ważne dla rozwoju automatyki były także prace Profesora Góreckiego dotyczące optymalizacji. W latach 60. prace te wskazywały zupełnie nowe w tamtym okresie możliwości konstruowania układów regulacyjnych zapewniających sterowanie optymalne i adaptacyjne, zaś w latach 80. i 90. podejmowały niesłuchanie ważny i – znowu! – niesłuchanie trudny problem optymalizacji wielokryterialnej.

Jak wiadomo, typowe zagadnienia optymalizacji, dla których Profesor Górecki wypracował liczne metody matematyczne w latach 60., polegają na tym, by automatycznie wybierać najlepsze sterowanie – przy równoczesnym zachowaniu wszystkich ograniczeń. Przemawiającym do wyobraźni przykładem zadania tego typu jest zadanie przemieszczenia jakiegoś obiektu z jednego miejsca do drugiego w minimalnym czasie przy zachowaniu wszystkich ograniczeń wynikających z maksymalnych wartości dostępnych sił, ograniczonej mocy sygnałów sterujących, ograniczeń sumarycznej dostępnej energii itp. Zadania tego typu mają bardzo duże znaczenie praktyczne, ponieważ niemal zawsze podejmując jakieś zadania, staramy się je wykonać maksymalnie szybko, maksymalnie sprawnie, maksymalnie oszczędnie itp. – a to właśnie oznacza konieczność sięgnięcia do metod sterowania optymalnego, które umiemy już dziś tworzyć między innymi dzięki pracom Profesora Góreckiego.



Jednak po rozwiązaniu zadań dających się sprowadzić do jednego ustalonego kryterium – matematyczny talent, niepokojny duch i twórcza wyobraźnia Profesora Góreckiego poszukiwać zaczęły kolejnych wyzwań. Znalazł je Profesor w zagadnieniach **polioptymalizacji**, którymi zajął się jako jeden z pierwszych w latach 70. i którymi zajmował się aż do śmierci. Polioptymalizacja tym różni się od zwykłej optymalizacji, którą przed chwilą omówiłem, że w tym drugim przypadku, poszukując najlepszych sterowań, musimy zapewnić najlepsze wartości równocześnie dla kilku niedających się sprowadzić do wspólnego wskaźnika, niezależnych kryteriów. Tak więc jeśli chcemy maksymalizować efekt ekonomiczny prowadzonej produkcji i jednocześnie chcemy minimalizować jej szkodliwość ekologiczną – to mamy do czynienia z zadaniem optymalizacji wielokryterialnej. W zadaniach tego typu, których mnóstwo staje przed nami w przypadku na przykład podejmowania decyzji politycznych, tradycyjne podejścia i tradycyjne metody matematyczne okazują się zupełnie nieprzydatne, trzeba więc szukać nowych metod i nowych rozwiązań. Tym właśnie zajmował się Profesor Górecki przez wiele lat – i miał w tym zakresie sukcesy, które zyskały mu międzynarodowe uznanie.

### Wybrane przykłady innych prac oraz ich znaczenie

Wymieniłem wyżej kilka obszarów współczesnej automatyki, w których Prof. Górecki wniósł swój niezwykle znaczący, twórczy wkład. Nie są to jedyne obszary naukowe, w których można doszukiwać się Jego sukcesów. Dodam więc jeszcze kilka przykładów, z góry zapowiadając, że nie będzie to wykaz kompletny. Klasyczne (pochodzące z lat 60.) prace Profesora Góreckiego dotyczące oszacowań ekstremalnych wartości błędów regulacji w liniowych i nieliniowych systemach sterowania na trwałe weszły do kanonu wiedzy z zakresu teorii sterowania. Jego badania związane z analizą systemową wyznaczyły w latach 80. jeden z głównych kierunków rozwoju związanych z nowoczesną automatyką. Później, mimo przebywania od dziesięciu lat na emeryturze, Profesor Górecki bynajmniej nie zaniechał twórczości naukowej.



Jego najnowszym (imponującym!) dziełem była monografia: *Optymalizacja i sterowanie systemów dynamicznych*, wydana w 2006 roku i licząca dokładnie 768 stron. Książka ta ma być również wydana w języku angielskim.

Dokładniejsze omówienie i streszczenie konkretnych prac Profesora Góreckiego nie jest możliwe w tym krótkim opracowaniu, przeto tutaj skoncentruję się na wskazaniu i próbie przybliżenia Czytelnikom **znaczenia** tych wszystkich konkretnych i bardzo ważnych osiągnięć naukowych Profesora Góreckiego. Na pierwszym miejscu wśród walorów Jego prac naukowych postawiłbym ich bardzo wysoki poziom matematyczny. Profesor Górecki, współpracując przez wiele lat ze znakomitym matematykiem księdzem Turowiczem, wypracował znakomity warsztat formalny, który sprawił, że został między innymi członkiem Polskiego oraz Amerykańskiego Towarzystwa Matematycznego. Staranne dopracowanie w zakresie szczegółów matematycznych, a także dyscyplina i precyzja prac Profesora Góreckiego sprawiły, że jest On powszechnie uważany za swoisty punkt odniesienia, wzorzec i ideał w obszernej dziedzinie optymalizacji i teorii sterowania. Aktualnie zagadnienia te rozwiązuje się najczęściej, stosując gotowe moduły sterowników cyfrowych, a przy badaniu

właściwości systemów sterowania korzysta się z technik symulacyjnych i metodyki *Computer Aided Design*, ale kiedyś właściwości te trzeba było przewidzieć teoretycznie na podstawie ogólnych rozważań analitycznych – i w tym zakresie Profesor Górecki był niezrównanym mistrzem.

Również przy stosowaniu dzisiejszych, wysoce udoskonalonych metod sterowania komputerowego, w których wiele algorytmów i metod jest „zaszytych” w kupowanych gotowych procesorach i inżynier automatyk nie musi wnikać w ich szczegóły, warto mieć świadomość, że ogromna część tego, co w automatyce jest obecnie rutynowo stosowanym standardem, zostało odkryte i po raz pierwszy opisane właśnie przez Profesora Góreckiego. Na tym niedającym się zakwestionować fakcie był oparty Jego ogromny i przez nikogo niekwestionowany Autorytet.

### Rozwój kadr naukowych i inżynierskich

Obok osobistego wkładu badawczego w rozwój automatyki, a zwłaszcza teorii sterowania, miał Profesor Górecki ogromne zasługi także na innym polu, a mianowicie w obszarze kształcenia kadr naukowych. Inspirując swoich współpracowników i licznych uczniów do podejmowania nowych zagadnień

naukowych, a także kierując przez wiele lat Studium Doktoranckim przy swojej Katedrze, doprowadził Profesor Górecki do powstania ponad stu prac doktorskich, przy czym w ponad 90 przewodach pełnił funkcję promotora. Swoich uczniów wychowanków nie opuszczał Profesor Górecki także później, prowadząc ich i inspirując do dalszych etapów rozwoju naukowego, w związku z czym można wskazać przynajmniej trzydzieści habilitacji, które powstały przy wydatnej pomocy Profesora Góreckiego, a także wymienić około dziesięciu profesorów (pracujących obecnie w Polsce i za granicą), którzy swój rozwój naukowy i osiągnięty stopień naukowy zawdzięczają w znacznym stopniu współpracy naukowej z Profesorem Góreckim.

Te wybitne osiągnięcia na polu kształcenia młodych kadr naukowych wywodzą się z czterech cech osobowości Profesora Góreckiego, które chciałbym tu podkreślić i w kontekście kształcenia kadr szczególnie uwypuklić. Pierwsza cecha, niezbędna do tego, by tak licznie gromadzić i tak skutecznie inspirować uczniów – to ogromna wiedza i inwencja badawcza. Każdy, kto miał w swoim życiu naukowym to szczęście spotkać Profesora Góreckiego – nie odchodził z pustymi rękami. Profesor na podstawie swoich studiów literaturowych i ogromnej wiedzy potrafił każdemu wskazać obiecujący i pociągający obszar badawczy, w którym z reguły zainteresowany odnajdywał zagadnienia naukowe, które nie tylko pozwalały zdobyć stopień naukowy, ale także formowały i kształtowały jego sylwetkę naukową – często na całe życie. Drugą cechą osobowości Profesora, która zaowocowała tak świetnymi wynikami w zakresie kształcenia kadr – była Jego ogromna życzliwość dla ludzi. Każdy, kto miał szczęście współpracować z Profesorem, był pod wrażeniem stopnia identyfikowania się przez Profesora z problemami i potrzebami Jego współpracowników. Jeśli doktorant miał problem, jeśli habilitant zabrnął w ślepej uliczce, jeśli kandydat do tytułu naukowego nie potrafił ocenić, czy jego dorobek jest już wystarczający – wystarczyło poprosić o pomoc i uzyskiwało się cenne rady, które zawsze trafiały w sedno zagadnienia, były oparte na ogromnej mądrości Profesora i były zawsze tak

zbudowane, by w maksymalnym stopniu pomóc proszącemu w realizacji jego ambicji i aspiracji naukowych.

### Umiejętność wydobywania z ludzi tego, co najlepsze

Do wymienionych już cech osobowości Profesora Góreckiego dodać trzeba jego niewiarygodną intuicję i znajomość ludzi. Decyzje Profesora w zakresie dobierania sobie współpracowników były zawsze uderzająco trafne, a Jego wybory w zakresie znajdowania realizatorów dla konkretnych przedsięwzięć badawczych okazywały się po latach – praktycznie bez wyjątku – optymalne. Ludzie, którym Profesor Górecki powierzał rozwiązanie określonych zagadnień naukowych czy organizacyjnych, z reguły dysponowali odpowiednią wiedzą i zdolnościami, by z powierzonych im zadań wywiązać się z pożytkiem dla nauki i z sukcesem własnym – chociaż często subiektywnie żywili obawy, czy dorosną do stawianych im wymagań. Ta zdolność optymalnego dopasowywania ludzi do problemów działała u Profesora Góreckiego również w drugą stronę, to znaczy nie zdarzyło się, żeby stawiając komuś zadania ponad miarę jego możliwości, doprowadził On do załamania i frustracji, w związku z czym stopnie naukowe i inne sukcesy pod opieką Profesora zdobywali zarówno ci najzdolniejsi, jak i ci, którzy pracowitością i wytrwałością nadrabiali brak lotności umysłu. Dzięki umiejętnemu, niezwykle kulturalnemu i nacechowanemu życzliwością, o której wcześniej mówiłem, postępowaniu Profesora Góreckiego wszyscy Jego współpracownicy byli w stanie, każdy na swój sposób, maksymalnie przyczynić się do rozwoju nauki, gdyż zadania, jakie otrzymywali, były dokładnie na ich miarę. W ten sposób niezwykle talent i wyczucie Profesora Góreckiego pozwalały wydobyć z każdego z jego uczniów to, co najlepsze – i to głównie zaowocowało tą niesłychanie bogatą listą osób, których kariera naukowa rozwinęła się dzięki inicjatywie, ogromnej życzliwości i opiece Naszego Mistrza. I wreszcie czwarta cecha osobowości Profesora, którą my wszyscy ceniliśmy sobie najwyżej – jego niewzruszona stałość. Profesor Górecki, gdy już obdarzył kogoś zaufaniem, wspomagał go i wspierał stale,

niezawodnie i z pełnym poświęceniem. Każdy z nas, uczniów Profesora, może sobie przypomnieć przynajmniej jedno takie wydarzenie, kiedy cała kariera naukowa, cały dorobek i cała przyszłość stały pod znakiem zapytania. W tych trudnych chwilach spotykaliśmy się ze strony Naszego Mistrza zawsze z pełnym, zdecydowanym i skutecznym poparciem, co prowadziło do unikania wielu nieszczęść.

### Zakończenie

Nie ulega wątpliwości, że wkład Profesora Góreckiego do automatyki polskiej i światowej jest znaczący, a w niektórych obszarach wręcz doniosły. Nie ulega także wątpliwości, że stworzył on polską szkołę teorii sterowania, która obecnie rozwija się i ma liczne międzynarodowe sukcesy. Nie będzie też żadnej przesady w twierdzeniu, że Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej w jego obecnej postaci został w decydującym stopniu ukształtowany właśnie dzięki pracy oraz – co ważniejsze – dzięki trafnym i dalekowzrocznym inicjatywom Profesora Góreckiego. Wreszcie będzie tylko stwierdzeniem oczywistego faktu, jeśli powiem, że wypromował On i ukształtował naukowo ogromną, wręcz rekordową liczbę badaczy, którzy całą swoją karierę naukową zawdzięczają właśnie pracy i inspiracji Profesora Góreckiego.

Teraz Go zabrakło, ale będziemy nadal korzystać z Jego mądrości zawartej w licznych książkach i innych publikacjach, działając tak, by patrząc na nas z góry – nie musiał się nas wstydzić! ■



# Zestawienie firm

## automatyka przemysłowa

Dane firmy	Profil działalności
<b>Aparatura kontrolno-pomiarowa</b>	
<b>AXIS Sp. z o.o.</b> ul. Kartuska 375 b 80-125 Gdańsk	tel. 58 320 63 80 e-mail: g.kosecki@axis.pl www.axis.pl  Szeroki wybór wag elektronicznych własnej produkcji. Nasze produkty wykorzystywane są tam, gdzie stawiane są najwyższe wymagania co do dokładności, niezawodności i odporności na czynniki środowiskowe. Oferujemy także dynamometry (siłomierze), urządzenia do pomiaru momentu siły i nowoczesne akcesoria do nich.
<b>NIVUS Sp. z o.o.</b> ul. Hutnicza 3/B-18 81-212 Gdynia	tel. 606 491 800 e-mail: adk@nivus.pl www: www.nivus.pl  Przepływomierze do ścieków, wód deszczowych i ścieków wodnych, usługi pomiarowe. Przepływomierze do kanałów z pełnym i niepełnym wypełnieniem. Profesjonalny serwis i doradztwo w doborze urządzeń pomiarowych.
<b>Automatyka przemysłowa</b>	
<b>COMPARTA Zajdel Sp. z o.o.</b> ul. Marmurowa 7 05-077 Warszawa-Wesoła	e-mail: comparta@comparta.pl www.comparta.pl  Oferuje: <ul style="list-style-type: none"> <li>• switche przemysłowe COMPARTA;</li> <li>• IDEC - PLC, HMI, bezpieczeństwo;</li> <li>• komputery przemysłowe ASEM;</li> <li>• konwertery protokołów HILSCHER;</li> <li>• zdalny dostęp SECOMEA - najbardziej kompletne i zaawansowane rozwiązanie umożliwia zdalny serwis, monitorowanie i zbieranie danych.</li> </ul> Zapraszamy do sklepu internetowego COMPARTA24.PL.
<b>Fatek Polska Sp. z o.o.</b> ul. Siwka 11 31-588 Kraków	tel. 533 329 921 e-mail: info@fatekpolka.pl www.fatek.pl  Oferujemy kompleksową automatyzację maszyn. Jesteśmy oficjalnym dystrybutorem sterowników PLC, paneli operatorskich HMI oraz serwonapędów firmy Fatek. Oferujemy kompleksowe wsparcie w zakresie doradztwa technicznego, doboru komponentów oraz pełnego wsparcia dla naszych klientów po uruchomieniu urządzenia.
<b>MULTIPROJEKT</b> ul. Pilotów 2 E 31-462 Kraków	tel. 12 413 90 58 fax 12 376 48 94 e-mail: krakow@multiprojekt.pl www.multiprojekt.pl  Dystrybutor sterowników PLC FATEK, paneli operatorskich WEINTEK, serwonapędów ESTUN, kontrolerów ruchu TRIO MOTION, techniki liniowej HIWIN, siłowników liniowych LinMot, falowników firmy MICNO, silników krokowych, części do maszyn. Zapewniamy doradztwo techniczne, podstawowe i zaawansowane szkolenia oraz pomoc techniczną przy uruchomieniu.
<b>N.B.C. Polska Sp. z o.o.</b> ul. Złoty Potok 10/16 02-699 Warszawa	tel. 22 855 18 30 e-mail: nbc@nbc-el.pl www.nbc-el.pl  Oferujemy szeroką gamę wysokiej jakości włoskich czujników tensometrycznych, standardowych i projektowanych na zamówienie, akcesoria do czujników, torsjometry, mierniki wagowe z wieloma typami interfejsów, moduły dozujące, ograniczniki do dźwignów i suwnic z rejestratorem danych, wagi dynamometryczne.

## Automatyka przemysłowa (cd.)

<p><b>SKAMER-ACM Sp. z o.o.</b> ul. Rogoyskiego 26 33-100 Tarnów</p>	<p>tel. 14 63 23 400 e-mail: tarnow@skamer.pl www.skamer.pl</p>	<p>SKAMER-ACM to sprawdzony partner w pomiarach, automatyce przemysłowej i robotyce. Działalność firmy obejmuje: projektowanie systemów automatyki przemysłowej; programowanie przemysłowych systemów sterownikowych; tworzenie systemów monitoringu i wizualizacji mediów energetycznych, procesów przemysłowych i efektywności produkcji; prefabrykację szaf sterowniczych i rozdzielni; montaż, rozruch i serwis instalacji AKPiA; sprzedaż urządzeń i systemów branży AKPiA.</p>
<p><b>TWT AUTOMATYKA</b> ul. Wafłowa 1 02-971 Warszawa</p>	<p>tel./fax 22 648 20 89 e-mail: twt@twt.com.pl www.twt.com.pl</p>	<p>TWT to polski producent indukcyjnych czujników zbliżeniowych i czujników optycznych, obecny na rynku od 1999 r. Nasze wyroby charakteryzują się wysokim stopniem zaawansowania technicznego, dużą niezawodnością i wytrzymałością. Zapraszamy na naszą stronę <a href="http://www.twt.com.pl">www.twt.com.pl</a> i do sklepu internetowego.</p>

## Napędy

<p><b>Cantoni Group</b> ul. 3 Maja 28 43-400 Cieszyn</p>	<p>tel. 33 813 87 00 e-mail: motor@cantonigroup.com www.cantonigroup.com</p>	<p>Grupa Cantoni to największy w Polsce producent silników elektrycznych w zakresie mocy od 0,04 kW do 6000 kW oraz hamulców. Silniki elektryczne są produkowane przez firmy: Besel SA w Brzegu, Celma Indukta SA w Cieszynie i Bielsku-Białej, Emit SA w Żychlinie. Hamulce produkuje firma Ema-Elfa Sp. z o.o. w Ostrzeszowie.</p>
<p><b>Steinlen Polska Sp. z o.o.</b> ul. W. Grabskiego 4/8 63-500 Ostrzeszów</p>	<p>tel. 62 732 23 50 fax 62 732 23 51 marketing@steinlenpolska.pl</p>	<p>Steinlen Polska Sp. z o.o. jest autoryzowanym przedstawicielem firmy Bauer Gear Motor GmbH. Prowadzimy sprzedaż oraz serwis motoreduktorów, silników, przekładni, hamulców i sprzęgieł.</p>

## Systemy transportowe

<p><b>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o.</b> ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice</p>	<p>tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.pl</p>	<p>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.</p>
---	---	---



**ABUS**  
CRANE SYSTEMS POLSKA

## Utrzymanie ruchu

<p><b>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o.</b> ul. Gaudiego 20 44-109 Gliwice</p>	<p>tel. 32 334 70 00 e-mail: info@abuscranes.pl www.abuscranes.pl</p>	<p>ABUS Crane Systems Polska sp. z o.o. specjalizuje się w projektowaniu i produkcji systemów dźwignicowych najwyższej jakości przy zachowaniu konkurencyjności cen. Dodatkowo firma oferuje szeroką gamę akcesoriów i komponentów, doradztwo techniczne, montaż, serwis gwarancyjny i pogwarancyjny.</p>
---	---	---



Utrzymanie ruchu (cd.)		
<p><b>NIVUS Sp. z o.o.</b> ul. Hutnicza 3/B-18 81-212 Gdynia</p>	<p>tel. 606 491 800 e-mail: <a href="mailto:adk@nivus.pl">adk@nivus.pl</a> www: <a href="http://www.nivus.pl">www.nivus.pl</a></p>	<p>Przepływomierze do ścieków, wód deszczowych i ścieków wodnych, usługi pomiarowe. Przepływomierze do kanałów z pełnym i niepełnym wypełnieniem. Profesjonalny serwis i doradztwo w doborze urządzeń pomiarowych.</p>
<p><b>WYTWÓRNIĄ SPRZĘTU ELEKTROENERGETYCZNEGO AKTYWIZACJA</b> ul. Stadionowa 24 31-751 Kraków</p>	<p>tel. 12 644 08 92 e-mail: <a href="mailto:wse@aktywizacja.com.pl">wse@aktywizacja.com.pl</a> <a href="http://www.aktywizacja.com.pl">www.aktywizacja.com.pl</a></p>	<p>WSE Aktywizacja produkuje, prowadzi serwis i badania okresowe elektroenergetycznego sprzętu ochronnego. W ofercie:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• drążki izolacyjne: uniwersalne UDI, teleskopowe TDI;</li><li>• uziemiacze: przenośne, uszyniacze;</li><li>• wskaźniki: niskiego, średniego i wysokiego napięcia, uzgadniacze faz;</li><li>• przyrządy, mierniki i detektory pola elektrycznego;</li><li>• sprzęt do PPN;</li><li>• wyroby elektroizolacyjne z gumy oraz inny sprzęt ochronny BHP.</li></ul>

reklama



**Darmowa e-prenumerata!**

[www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)

**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny





Autor: praca zbiorowa

**Ocena ryzyka zawodowego**

Wydawca: Wiedza i Praktyka

Rok wydania: 2022

Najnowsze wydanie praktycznego informatora *Ocena ryzyka zawodowego* to nieoceniona pomoc dla służby BHP oraz pracodawców dokonujących oceny ryzyka zawodowego w swojej pracy.

Publikacja przedstawia:

- zasady i metody oceny ryzyka zawodowego;
- identyfikację zagrożeń i ocenę ryzyka na stanowiskach pracy;
- profilaktykę ryzyka zawodowego;
- dokumentowanie oceny ryzyka zawodowego;
- listę kontrolną procedury oceny ryzyka zawodowego;
- aktualizację oceny ryzyka w związku z COVID-19;
- problemy praktyczne w 32 pytaniach i odpowiedziach.

Ocena ryzyka zawodowego to temat przysparzający wielu trudności osobom zajmującym się tematyką bezpieczeństwa i higieny pracy w firmie. Aby ułatwić sobie to zadanie oraz uniknąć błędów w dokumentacji, warto skorzystać z kompleksowych informacji zawartych w tej publikacji.



Mateusz Ilba

**Energetyka słoneczna. Nasłonecznienie i praktyczna efektywność mikroinstalacji fotowoltaicznych na terenie Polski**

Wydawca: CeDeWu

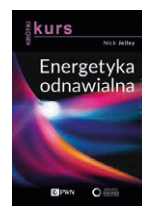
Rok wydania: 2022

W Polsce energia oparta na paliwach kopalnych do końca 2018 r. odpowiadała za 85,3% ogółu wytwarzanej energii, a tylko 14,7% wytwarzano ze źródeł ekologicznych i odnawialnych, co powoduje, iż nasz kraj zajmuje jedno z ostatnich miejsc wśród krajów europejskich. Zmiany, jakie muszą nastąpić w najbliższych dekadach, powinny przyczynić się do odwrócenia tego udziału, a tym samym przyspieszenia rozwoju i wykorzystania ekologicznych źródeł energii. Jednym z takich źródeł jest energia słoneczna, będąca głównym tematem niniejszej publikacji.

Monografia przedstawia przekrojową analizę rozkładu energii słonecznej w Polsce opartą na danych klimatycznych. W analizach zwrócono uwagę na szereg czynników determinujących ilość promieniowania słonecznego docierającego do różnych lokalizacji, takich jak ukształtowanie terenu, warunki klimatyczne czy zachmurzenie. Wykorzystane dane klimatyczne, pochodzące z obserwacji 41 stacji

pogodowych, pozwalają zaprognozować rzeczywiste średnioroczne wartości energii słonecznej docierające do różnych regionów Polski.

Publikacja stanowi wstęp do oszacowania opłacalności inwestycji w mikro- i małe instalacje do pozyskiwania energii elektrycznej, a w szczególności opłacalność inwestycji dla inwestorów indywidualnych (prosumentów) z różnych lokalizacji geograficznych Polski.



Nick Jelley

**Krótki kurs. Energetyka odnawialna**

Wydawca: Wydawnictwo Naukowe PWN

Rok wydania: 2022, wydanie pierwsze

Seria *Krótki kurs* to książki popularnonaukowe wydawane przez Oxford University Press, które w przystępny sposób przedstawiają wiele tematów z niemal każdej dziedziny. Autorzy-eksperti z entuzjazmem omawiają fakty, analizy, perspektywy i nowe koncepcje, dzięki czemu często trudne tematy stają się przystępne w lekturze.

Niniejsza książka przedstawia w ciekawy i atrakcyjny wizualnie sposób zagadnienia dotyczące nowoczesnej energetyki – energetyki odnawialnej. Książka ta przedstawia treści tak, aby każdy Czytelnik, bez przygotowania naukowego, mógł zapoznać się ze wszystkimi aspektami energii odnawialnej. Autor książki – Nick Jelley, emerytowany profesor Uniwersytetu Oxfordu – ukazuje Czytelnikom dynamicznie rozwijający się rynek OZE, czyli nowoczesne rozwiązania w energetyce i przemyśle w postaci energetyki wiatrowej, fotowoltaiki, biomasy i wielu innych źródeł niskoemisyjnych. Publikacja szybko i zwięźle odpowiada na pytania, czemu te rozwiązania są niezbędne dla dalszego istnienia ludzkości na Ziemi i dla dobrostanu samej planety, w jaki sposób działają oraz jakie są ich perspektywy rozwoju.

Dlaczego rozwój OZE jest tak ważny? Odpowiedź można znaleźć już na samym początku tej książki: „W życiu codziennym wykorzystujemy energię przez cały czas: gdy dzwonimy, gotujemy wodę lub prowadzimy samochód. Energia ma istotne znaczenie dla dobrej jakości życia: zapewnia ciepło, produkcję żywności i technologię zasilania; w ostatnich 200 latach do jej produkcji coraz bardziej wykorzystywaliśmy paliwa kopalne. Jednak spalanie węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego powoduje uwalnianie ogromnych ilości dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) do atmosfery, a także wytwarza zanieczyszczenia, niezwykle szkodliwe dla naszego zdrowia i dla środowiska naturalnego. Mimo to najprościej byłoby dalej tak postępować, tym bardziej że zasoby paliw kopalnych wystarczą na kolejnych kilkadziesiąt lat. Jednak taki poziom dwutlenku węgla w atmosferze, który już w tej chwili poważnie zaburza równowagę klimatyczną, spowodowałby dramatyczne zmiany związane z globalnym ociepleniem i naraziłby na niebezpieczeństwo wiele milionów istnień ludzkich jeszcze przed końcem XXI w. A już w tej chwili zanieczyszczenie powietrza powoduje co roku 7 milionów przedwczesnych zgonów”.

## TEMATYKA

**napędy i sterowanie** miesięcznik naukowo-techniczny

**Nr 2 (286)**  
Rok XXV  
LUTY 2023

- Automatyka i robotyka
- Efektywność w energetyce
- Bezpieczeństwo w przemyśle
- Technika przemieszczeń liniowych i montażu
- Hydraulika siłowa



Promocja pisma zgodnie z planem wydawniczym na [www.nis.com.pl](http://www.nis.com.pl)  
Kontakt: e-mail: [redakcja.nis@drukart.pl](mailto:redakcja.nis@drukart.pl); tel. 32 755 19 17

1/2023 (285)

2/2023 (286)

3/2023 (287)

4/2023 (288)

5/2023 (289)

6/2023 (290)

7-8/2023 (291-292)

9/2023 (293)

10/2023 (294)

11/2023 (295)

12/2023 (296)

## PRENUMERATA

Prenumeratę miesięcznika „Napędy i Sterowanie” można rozpocząć w dowolnym momencie. Cena prenumeraty pozostaje bez zmian, niezależnie od zmiany stawki VAT na czasopismo. Faktura za prenumeratę zostanie przesłana wraz z pierwszym zamówionym egzemplarzem. Koszty przesyłki pokrywa Wydawnictwo. Studenci oraz uczniowie mogą skorzystać z 50-proc. zniżki, przesyłając kserokopię ważnej legitymacji szkolnej. Zniżka obejmuje również szkoły i wyższe uczelnie.

Cena prenumeraty rocznej wynosi 237,60 zł (w tym 8% VAT).

Informacje na temat prenumeraty oraz numerów archiwalnych można uzyskać pod numerem tel. 502 132 515.

Miesięcznik „Napędy i Sterowanie” można zaprenumerować, wykorzystując:

- druk zamówienia pobrany z naszej witryny internetowej, [www.nis.com.pl/nis/prenumerata](http://www.nis.com.pl/nis/prenumerata);
- pocztę elektroniczną, e-mail: [prenumerata@drukart.pl](mailto:prenumerata@drukart.pl).

lub za pośrednictwem:

- RUCH SA, tel. 801 800 803 lub 22 693 70 00 (godz. 7<sup>00</sup>–17<sup>00</sup>)  
[www.prenumerata.ruch.com.pl](http://www.prenumerata.ruch.com.pl), [prenumerata@ruch.com.pl](mailto:prenumerata@ruch.com.pl);
- GARMOND PRESS SA, tel./fax 12 412 75 60;
- Kolporter spółka z ograniczoną odpowiedzialnością sp.k.,  
[www.kolporter.com.pl](http://www.kolporter.com.pl), tel. 41 367 88 88.



# Zasilacz urządzeń przeciwpożarowych **UZZ-230V-1kW-1F**

do współpracy z napędami bram  
w systemach kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła,  
zasilanymi z jednofazowej sieci energetycznej ~230 V,  
o zapotrzebowaniu na moc nie większym niż 1 kVA / 1 kW.



PRODUKT  
**POLSKI**

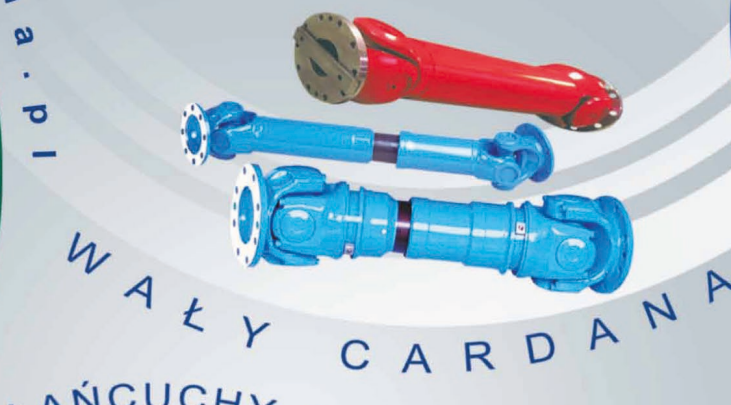
## Atuty rozwiązania:

- ✓ **Niewielka powierzchnia montażowa (szer. 290 mm x wys. 500 mm)**
- ✓ **Niska masa urządzenia (niecałe 24 kg)**
- ✓ **Przystosowany do instalacji na powierzchni o niskiej nośności**
- ✓ **Pakiet akumulatorów z jakością gwarantowaną przez producenta**
  - ✓ **Krótki czas ładowania akumulatorów**
  - ✓ **Ergonomiczna wymiana akumulatorów**



# SENOMA

SENOMA Sp. z o.o., 40-153 Katowice, Al. Korfantego 191  
 tel. +48 32/730 30 30, tel. +48 32/730 30 31, fax +48 32 /730 23 23  
 e-mail: senoma@senoma.pl, www.senoma.pl



**REXNORD**

**TOP-Distributor 2011**

The company **Senoma Sp. z o.o.** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in Europe.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma Sp. z o.o. has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2010**

The company **Senoma** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in DACH+ sales area.

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2009**

The company **Senoma** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in English speaking area.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2012**

The company **Senoma Sp. z o.o.** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in Europe.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma Sp. z o.o. has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

Lubomir Vik Area Sales Mng'r Mechelen, June 2013

Rodrigo Madiedo Coupling Marketing Mng'r Mechelen, June 2013

**Viva**  
**Omega**  
**Wrapflex**  
**Thomas**  
**Addax**  
**Steelflex**  
**Liflign**  
**Orange Peel Guard**

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2011**

The company **Senoma Sp. z o.o.** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in Europe.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma Sp. z o.o. has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2010**

The company **Senoma** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in DACH+ sales area.

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2009**

The company **Senoma** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in English speaking area.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2012**

The company **Senoma Sp. z o.o.** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in Europe.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma Sp. z o.o. has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

Lubomir Vik Area Sales Mng'r Mechelen, June 2013

Rodrigo Madiedo Coupling Marketing Mng'r Mechelen, June 2013

**Viva**  
**Omega**  
**Wrapflex**  
**Thomas**  
**Addax**  
**Steelflex**  
**Liflign**  
**Orange Peel Guard**

**REXNORD**

**TOP-Distributor 2009**

The company **Senoma** is one of the TOP-10 distributors of Rexnord couplings in English speaking area.

By excellent product knowledge and customer focus, Senoma has distinguished himself in out-standing consulting- and service performance.

Declared by Rexnord

Uwe Palm Key-Account-Manager Mechelen, May 2010

Eric Bickley General Manager Mechelen, May 2010

